



TALENT
MOBILITY



รายงานฉบับสมบูรณ์

ภายใต้โครงการนำร่องกลไกการเคลื่อนย้ายบุคลากรไปปฏิบัติงานในสถาน
ประกอบการภาคเอกชนหรือชุมชน (Talent Mobility)

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓

ระหว่างมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และ
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
โดยมีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์เป็นพี่เลี้ยง

โครงการการพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติและผลิตสารช่วยต้าน
แบคทีเรียสำหรับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผ้าทอ

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้ำฝน เป้าทองคำ

ชื่อสถานประกอบการ

PIYASILA และ วิสาหกิจชุมชนผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส

ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก

สำนักงานนโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ผ่านสำนักงานส่งเสริมบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรม
(Talent Mobility) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

พ.ศ. ๒๕๖๔



รายงานความก้าวหน้า

ภายใต้โครงการนำร่องกลไกการเคลื่อนย้ายบุคลากรไปปฏิบัติงานในสถาน
ประกอบการภาคเอกชนหรือชุมชน (Talent Mobility)

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓

ระหว่างมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และ
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
โดยมีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์เป็นพี่เลี้ยง

โครงการการพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติและผลิตสารช่วยต้าน
แบคทีเรียสำหรับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผ้าทอ

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้ำฝน เป้าทองคำ

ชื่อสถานประกอบการ

PIYASILA และ วิสาหกิจชุมชนผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส

ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ผ่านสำนักงานส่งเสริมบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรม
(Talent Mobility) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

พ.ศ. ๒๕๖๔

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติและผลิตสารช่วยต้านแบคทีเรียสำหรับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผ้าทอ เป็นโครงการวิจัยที่ดำเนินงานร่วมกันระหว่างสถาบันการอุดมศึกษา 3 แห่ง ประกอบด้วย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยมีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ เป็นพี่เลี้ยง และได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการวิจัยจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผ่านสำนักงานส่งเสริมบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรม (Talent Mobility) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ พ.ศ. ๒๕๖๔ ภายใต้โครงการนำร่องกลไกการเคลื่อนย้ายบุคลากรไปปฏิบัติงานในสถานประกอบการภาคเอกชนหรือชุมชน (Talent Mobility) ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนย้ายนักวิจัยระหว่างสถาบันการอุดมศึกษา ได้นำความรู้ทางด้านวิชาการและความเชี่ยวชาญของตนเองไปพัฒนาสถานประกอบการ อันเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมการทำธุรกิจของสถานประกอบการ มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของผู้ประกอบการ ชุมชน จังหวัด และประเทศต่อไป ในโครงการวิจัยครั้งนี้มีผู้ประกอบการเข้าร่วมจำนวน 2 แห่ง ได้แก่ บริษัท PIYASILA ที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และวิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย

ดังนั้น ทีมผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการลงพื้นที่เพื่อสำรวจปัญหาและความต้องการของผู้ประกอบการที่เข้าร่วมในโครงการ ผลจากการลงพื้นที่ในสถานประกอบการและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน สรุปประเด็นสำคัญและความต้องการเร่งด่วนของสถานประกอบการ ได้ออกมา 2 ประเด็น ได้แก่ ความต้องการด้านการแก้ไขปัญหากระบวนการย้อมที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ และผู้ประกอบการต้องการกระบวนการในการเพิ่มมูลค่าของสินค้าประเภทเครื่องนุ่งห่มที่มีปัญหาด้านสะสมของแบคทีเรียให้น้อยลงโดยอาศัยวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ ตามแนวความคิดการทำธุรกิจของผู้ประกอบการ ด้านการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการผลิตสินค้า และความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการคือ

1. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและมาตรฐานการย้อมสีธรรมชาติ
2. เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารช่วยย้อมผ้าต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารธรรมชาติ
3. เพื่อพัฒนาระบบกลไกในการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกันของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ๒ แห่ง
4. เพื่อพัฒนาระบบการติดตามและการประเมินผลการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกัน

ดังนั้น ทีมผู้วิจัยจึงได้ลงพื้นที่ดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวร่วมกับผู้ประกอบการ นักศึกษา และผู้เชี่ยวชาญ ทั้งในสถานประกอบการและสถาบันการอุดมศึกษา

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาโดยสรุป

เนื่องจากอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีสายห่วงโซ่ อุปทานที่ยาวเชื่อมโยงหลายอุตสาหกรรมย่อย จึงก่อให้เกิด การจ้างงานสูงถึง 1,023,000 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 19 ของแรงงานในภาคการผลิต โดยแรงงานประมาณ 796,000 คน หรือ ร้อยละ 78 อยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องนุ่งห่ม อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาค่าแรงที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการจ้างงานของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเริ่มมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 1.7 ต่อปี บทบาทของ SME ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ปัจจุบันจำนวนผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมสิ่งทอและ เครื่องนุ่งห่มมีอยู่ประมาณ 163,827 รายทั่วประเทศ โดยมีสัดส่วนของผู้ประกอบการในระดับ SME มากถึง 163,500 ราย หรือคิดเป็น ร้อยละ 99.8 ก่อให้เกิด ปริมาณการจ้างงานสูงถึง 666,092 คน หรือ คิดเป็น ร้อยละ 66.6 แต่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้เพียงร้อยละ 31.2 หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 7.8 หมื่นล้านบาท ในขณะที่ผู้ประกอบการขนาดใหญ่ซึ่งมีเพียง 327 ราย หรือ เพียงร้อยละ 0.2 กลับสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้กว่า 1.6 แสนล้านบาท ดังนั้นประเด็นที่สำคัญคือการพยายามพัฒนาศักยภาพของ SME ให้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้สูงขึ้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจในภาพรวม ศักยภาพของ SME ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและ เครื่องนุ่งห่มบุคลากรในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มนั้นเป็นทรัพยากรที่ทักษะสูงเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในกลุ่มอาเซียนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอและ เครื่องนุ่งห่มไทยเป็นที่ยอมรับจากตลาดทั่วโลก อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการในปัจจุบันกำลัง ประสบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานทั้งในระดับผู้ปฏิบัติและระดับการจัดการ แนวโน้มของ ผลกระทบด้านแรงงานมีทิศทางเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากแรงงานไทยเปลี่ยนอาชีพ ค่านิยมของคนรุ่นใหม่ที่ไม่ต้องการทำงานในระดับผู้ปฏิบัติในอุตสาหกรรมแรงงานพร้อมทั้งการขาดความเข้าใจถึงอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ทำให้ความสนใจในการทำงานในอุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง (การดี เลียวไพโรจน์ และภูมิพร ธรรมสถิตเดช)

แผนพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ. 2561 – 2565) รอบทบทวน 2564 และแผนพัฒนาจังหวัดเลย 4 ปี (พ.ศ. 2561 – 2565) มีแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจของจังหวัดด้านการพัฒนาสินค้าอัตลักษณ์ของจังหวัด โดยข้อมูลด้านสินค้า OTOP ประเภทผ้า เครื่องแต่งกาย เป็นสินค้าระดับต้น ๆ ที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจของจังหวัด โดยจังหวัดเลยจะมีอัตลักษณ์ที่โดดเด่นคือว่าไหมและผ้าฝ้ายมัดหมี่ เช่น วิชาทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส มีผลิตภัณฑ์หลักเป็นผ้ามัดหมี่ ใช้วัตถุดิบเส้นยืนและเส้นพุ่งเป็นเส้นไหมโรงงานและเส้นไหมจากการเลี้ยงในครัวเรือนเอง ย้อมสีธรรมชาติและสีเคมี จำหน่ายผ้าไหมทอมือ ผ้ามัดหมี่ และวัตถุดิบเส้นไหม และจังหวัดเพชรบูรณ์มีผลิตภัณฑ์ผ้าทอที่เป็นทั้งผ้าไหม ผ้าฝ้าย และผ้าจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น เส้นใยกล้วยง นำมาทอผลิตเป็นสินค้าที่เป็นอัตลักษณ์ของผ้าทอพื้นถิ่นจังหวัดเพชรบูรณ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้ประกอบการเกี่ยวกับการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม คือการสร้างการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและยังสามารถเชื่อมโยงกับฐานการผลิตของท้องถิ่นได้ พัฒนาฝีมือแรงงาน และการทำธุรกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นที่มาของการลงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของผู้ประกอบการและทีมผู้วิจัยในการแก้ไขปัญหาด้วยความรู้ทางวิชาการและนวัตกรรมที่บริษัท PIYASiLa และวิชาทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส พบว่าผู้ประกอบการไม่มีปัญหา

ด้านการตลาด เนื่องจากสินค้าเสื้อผ้า และผลิตภัณฑ์ผ้าทอของทั้ง 2 แห่ง มีความเป็นอัตลักษณ์ของตนเอง และผู้ประกอบการ PIYASILA มีกลุ่มลูกค้าที่เป็นระดับกลาง และระดับสูง มีการจำหน่ายในต่างประเทศ ด้วยการนำเอาสินค้าท้องถิ่นมาออกแบบให้เสื้อผ้ามีความทันสมัย ในรูปแบบที่ใส่ได้ในชีวิตประจำวัน แต่กลับมีปัญหาด้านการผลิตที่ไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า เนื่องจากมีปัญหาด้านแรงงานที่มีจำนวนน้อย และการย้อมผ้าด้วยกระบวนการย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจะต้องมีกระบวนการย้อมซ้ำหลายรอบ ความต้องการที่สำคัญคือการเพิ่มกำลังการผลิตที่เป็นมาตรฐาน และลดปัญหาด้านแรงงานที่ขาดแคลนให้กับผู้ประกอบการ และปัญหารองคือปัญหาจากคุณสมบัติการเป็นผ้าเส้นใยธรรมชาติสามารถดูดซับเหงื่อได้ดี เป็นที่มาของการเกิดกลิ่นเหม็น และการธรรมชาติที่เป็นกระบวนการที่เป็นธรรมชาติเพื่อความเป็นมิตรของธุรกิจและการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อการนำมาสร้างคุณค่าให้กับสินค้า จึงเป็นที่มาของความต้อการนำพืชในท้องถิ่นมาผลิตเป็นสารช่วยย้อมผ้าที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย

ดังนั้น ทีมวิจัยจึงได้ดำเนินการออกแบบกระบวนการวิจัยทั้งด้านการพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ การพัฒนากระบวนการย้อม และสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเปลือกแมคคาเดเมีย แก่นสน และยูคาลิปตัส ที่สามารถมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย Staphylococcus ที่สะสมในเสื้อผ้า โดยน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากเปลือกแมคคาเดเมีย แก่นสน และยูคาลิปตัสที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมา นอกจากจะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่ช่วยในการยับยั้งแบคทีเรียที่สะสมในเสื้อผ้าแล้ว ยังสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์สารเคลือบผ้าและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อีกมากมาย อีกทั้งเป็นการนำเอาวัตถุดิบที่เหลือใช้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ (โดยระบุให้ชัดเจนตามลำดับความสำคัญ)

- 2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและมาตรฐานการย้อมสีธรรมชาติ
- 2.2 เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารช่วยย้อมผ้าต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารธรรมชาติ
- 2.3 เพื่อพัฒนาระบบกลไกในการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกันของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ๓ แห่ง
- 2.4 เพื่อพัฒนาระบบการติดตามและการประเมินผลการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกัน

3. ระยะเวลาดำเนินโครงการ ธันวาคม 2563 – เมษายน 2564

4. ชื่อผู้ประกอบการ และขนาดของกิจการ (พร้อมรายละเอียดโดยย่อของสถานประกอบการ)

4.1 ชื่อบริษัท PIYASILA

ทุนจดทะเบียน 1,000,000 บาท ประเภทธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ผ้าชาวเขา

ที่อยู่บริษัท 122 หมู่ 12 ตำบลแคมป์สน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

ชื่อผู้ติดต่อ นางณิชาภา แซ่ม้าเจียก

เบอร์ติดต่อ (มือถือ) : 081-454-6246 e-mail : piyasila999@gmail.com

รายละเอียดสถานประกอบการ

ผลิตภัณฑ์ผ้าฝีมือชาวเขาชนเผ่าม้งในแบรนด์สินค้า PIYASILA อันทรงคุณค่า โดยนำผ้าใยกล้วย ย้อมสีธรรมชาติ Mix&Match ตกแต่งผ้าม้งลาว ผ้าใยเขียนเทียน กลายเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น เสื้อโค้ท เสื้อคลุม

กระโปรง กระเป๋ หมวก ผ้าคลุมไหล่ ผ้าปูโต๊ะ ปลอกหมอน เป็นต้น ที่มีความสวยงาม เรียบหรู เพิ่ม
ภาพลักษณ์แก่ผู้สวมใส่ โดดเด่น ไม่เหมือนใคร แต่ยังคงความเป็นอัตลักษณ์ชนเผ่าเอาไว้
สรุปโจทย์หรือปัญหาของสถานประกอบการ



รูปที่ 1 ตราสัญลักษณ์และสินค้าของ บริษัท PIYASILA
ที่มา: บริษัท PIYASILA, 2564

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ประกอบการ พบว่า ผู้ประกอบการมีความสนใจการที่จะบูรณาการ
ระหว่างวัตถุดิบในพื้นที่ การใช้ประโยชน์ การสร้างอาชีพ สร้างรายได้ ขยายกำลังการผลิตเกิดการเชื่อมโยง
ให้แก่คนในชุมชน จากกระบวนการผลิตผ้าไหมมัดหมี่ของชาวเขาชนเผ่าม้งในแบรนด์สินค้า PIYASILA
ยังคงประสบปัญหาต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำของธุรกิจของผลิตภัณฑ์ผ้าไหมมัดหมี่

4.2 ชื่อสถานประกอบการ วิสาหกิจชุมชนผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส

ทุนจดทะเบียน - บาท ประเภทธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ผ้าไหมมัดหมี่ทอมือ

ตั้งอยู่เลขที่ 16 หมู่ที่ 8 ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย

ชื่อผู้ติดต่อ นางณัฐจิรา ชินโซ

เบอร์ติดต่อ (มือถือ) : 0875497557 e-mail :

รายละเอียดสถานประกอบการ

วิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส ตั้งอยู่เลขที่ 16 หมู่ที่ 8 ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอ
เอราวัณ จังหวัดเลย จัดตั้งกลุ่มเป็นวิสาหกิจชุมชนเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2548 รหัสทะเบียน 4-42-13-02/1-
002 มีจำนวนสมาชิก 20 คน มีวัตถุประสงค์ในการทอผ้าไหมพื้นเมือง ผ้ามัดหมี่ ใช้วัตถุดิบเส้นยืนและเส้น
พุ่งเป็นเส้นไหมโรงงานและเส้นไหมจากการเลี้ยงในครัวเรือนเอง ย้อมสีธรรมชาติและสีเคมี จำหน่ายผ้าไหม
ทอมือ ผ้ามัดหมี่ และวัตถุดิบเส้นไหม

สรุปโจทย์หรือปัญหาของสถานประกอบการ



รูปที่ 2 ลวดลายผ้าของวิสาหกิจชุมชนผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส

ที่มา : เปรมชัย มูลหล้า และคณะ, 2564

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ประกอบการ พบว่า มีความต้องการและสนใจในการพัฒนาประเด็นการพัฒนาวัฒนธรรมผลิตภัณฑ์ และการพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติ : ลวดลายที่ทันสมัย แปลกใหม่ ยังไม่มีมาตรฐานในการย้อมสีธรรมชาติและรูปแบบมาตรฐานในการปฏิบัติงาน การใช้อัตราส่วนมาตรฐานของวัตถุดิบในการย้อม ความสม่ำเสมอของสีเส้นไหมไม่เท่ากันและให้สีที่ไม่คงทน

5. ชื่อบุคลากรวิจัย

1) หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้ำฝน เบ้าทองคำ อายุ 41 ปี

ความเชี่ยวชาญ เคมีอินทรีย์ เคมีประยุกต์ และการให้คำปรึกษาด้านกระบวนการผลิตและการแผนการตลาด

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

- บริหารโครงการ
- ดำเนินการในส่วนการออกแบบเครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติและการสกัดน้ำมันหอมระเหย

- สรุปผลการดำเนินโครงการ

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อและส่งเอกสารได้

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ถนน.....ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

โทรศัพท์ที่สะดวกในการติดต่อ 0864002216

E-Mail: namfon.boa@pcru.ac.th

2) นักวิจัยร่วม

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์เปรมชัย มูลหล้า อายุ ปี

ความเชี่ยวชาญ

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

- การพัฒนากระบวนการย้อมเส้นใยด้วยสีย้อมธรรมชาติ

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อและส่งเอกสารได้

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

..... ถนน.....ตำบล..... อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์ที่สะดวกในการติดต่อ

E-Mail:

ผลงานวิชาการผู้ร่วมโครงการ/ผู้ช่วยวิจัย คนที่ 1

ตำแหน่งนักเคมีให้บริการลูกค้าในกระบวนการย้อมผ้าด้วยสี Sumifix supra dry ของบริษัทพาราเคมีภัณฑ์ ตั้งแต่ปี 2547 – 2551)

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

2) นักวิจัยร่วม คนที่ 2

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วโรปภา อารีราษฎร์ อายุ
ปี

ความเชี่ยวชาญ

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

- สังเกตการกระบวนการดำเนินงานในโครงการวิจัย

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อและส่งเอกสารได้

คณะ..... มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

..... ถนน.....ตำบล..... อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์ที่สะดวกในการติดต่อ

E-Mail:

ผลงานวิชาการผู้ร่วมโครงการ/ผู้ช่วยวิจัย คนที่ 1

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

นักวิจัยร่วม คนที่ 3

ชื่อ-นามสกุล อาจารย์ธนภัทร มะณีแสง

สังกัด: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ความเชี่ยวชาญ: การออกแบบการทดลองทางงานอุตสาหกรรม

E-mail nazzdex@gmail.com โทรศัพท์ 097-1050700

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 1 วันต่อสัปดาห์

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

ให้ความรู้ด้านการออกแบบการทดลองทางงานอุตสาหกรรม

นักวิจัยร่วม คนที่ 4

ชื่อ-นามสกุล อาจารย์ ดร.ศศิกันต์ ปานปรานีเจริญ

สังกัด: สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ความเชี่ยวชาญ: เคมีอุตสาหกรรม พลังงานทดแทนและสิ่งทอ

E-mail scipcru62@gmail.com โทรศัพท์ 095-6432243

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 1 วันต่อสัปดาห์

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. วิเคราะห์ตรวจสอบเจตสีจากผ้าใยกันยุงผ่านการย้อมสีธรรมชาติ
2. ที่ปรึกษากระบวนการย้อมสีธรรมชาติ

นักวิจัยร่วม คนที่ 5

ชื่อ-นามสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจรี สิงห์พันธ์

สังกัด: สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ความเชี่ยวชาญ: เกษตรศาสตร์ พืชศาสตร์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การปรับปรุงพันธุ์พืช และเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร

E-mail nootjareetudses@gmail.com โทรศัพท์ 081-3494274

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 1 วันต่อสัปดาห์

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. ศึกษาบริบทสถานประกอบการผลิตผ้าใยกันยุงจากภูมิปัญญาท้องถิ่น
2. การเพาะปลูกพืชให้สีธรรมชาติ

นักวิจัยร่วม คนที่ 6

ชื่อ-นามสกุล อาจารย์ ดร.เสาวภา ชุมณี

สังกัด: สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ความเชี่ยวชาญ: เคมีวิเคราะห์ ตรวจสอบคุณภาพน้ำและสิ่งทอ

E-mail saowapa@pcru.ac.th โทรศัพท์ 088-2723349

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 1 วันต่อสัปดาห์

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. วิเคราะห์ตรวจสอบเจตสีจากผ้าใยกันยุงผ่านการย้อมสีธรรมชาติ
2. ที่ปรึกษากระบวนการย้อมสีธรรมชาติ

นักวิจัยร่วม คนที่ 7

ชื่อ-นามสกุล อาจารย์ ดร. ภูมิ เพชรกาญจนางค์

สังกัด: สาขาวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ความเชี่ยวชาญ: สิ่งแวดล้อมชุมชน การจัดการขยะ สังคมวิทยาการเมือง เครือข่ายและองค์กร

ชุมชน การเมืองท้องถิ่น

E-mail Poome.pet@gmail.com โทรศัพท์ 0970024384

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 10 วัน

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. การพัฒนาเครือข่ายและองค์กรชุมชน การเมืองท้องถิ่น
2. การค้นหาวัตถุดิบจากสิ่งเหลือใช้นำมาสกัดเป็นสีย้อมผ้า

นักวิจัยร่วม คนที่ 8

ชื่อ-นามสกุล อาจารย์ภัทรานุช ผงสุข

สังกัด: สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ความเชี่ยวชาญ: เคมีอุตสาหกรรม

E-mail โทรศัพท์ 080319773

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 10 วัน

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. วิเคราะห์ตรวจสอบเจดสีผ่านการย้อมสีธรรมชาติ
2. กระบวนการย้อมสีธรรมชาติ

6. ชื่อนักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ

1) ชื่อ-นามสกุล นางสาวรัชนิกร ธนะสูตร

สาขาวิชา/คณะวิชา: วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ชั้นปี: 4

สังกัด: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

E-mail : โทรศัพท์ 0982568763

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 10 วัน

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. เก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตผ้าทอมือ

2. ออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม

2) ชื่อ-นามสกุล นางสาวมัชฌิมา นภากาศ

สาขาวิชา/คณะวิชา: วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ชั้นปี: 4

สังกัด: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

E-mail โทรศัพท์

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน 10 วัน

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. เก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตผ้าทอมือ

2. ออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม

1.2.2 นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ

1) ชื่อ-นามสกุลนายเพชรราช ชาติธรรม.....

สาขาวิชา/คณะวิชา:วิทยาศาสตร์ทั่วไป.....ชั้นปี:4.....

สังกัด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ (ก)/(ข).....เพชรบูรณ์.....

E-mailphatcharayut1234@gmail.com..... โทรศัพท์.....099-

8145691.....

สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน3..... วัน

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1. การออกแบบและการผลิตเครื่องย้อมผ้า

2. การทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้า

2) ชื่อ-นามสกุลนายณิรวิช น้อยแก้ว.....

- สาขาวิชา/คณะวิชา:วิทยาศาสตร์ทั่วไป.....ชั้นปี:4.....
 สังกัด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ (ก)/(ข).....เพชรบูรณ์.....
 E-mailNirawit27492@gmail.com..... โทรศัพท์.....088-2737906.....
 สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน3..... วัน
 บทบาทหน้าที่ในโครงการ
 1.การออกแบบและการผลิตเครื่องย้อมผ้า
 2.การทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้า
- 3) ชื่อ-นามสกุลนายปิยวัฒน์ ถนอมเวช.....
 สาขาวิชา/คณะวิชา:วิทยาศาสตร์ทั่วไป.....ชั้นปี:4.....
 สังกัด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ (ก)/(ข).....เพชรบูรณ์.....
 E-mailsuwanon123@gmail.com..... โทรศัพท์.....093-0494349.....
 สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน3..... วัน
 บทบาทหน้าที่ในโครงการ
 1.การออกแบบและการผลิตเครื่องย้อมผ้า
 2.การทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้า
- 4) ชื่อ-นามสกุลนางสาวอาริษา ภูบัว.....
 สาขาวิชา/คณะวิชา:วิทยาศาสตร์ทั่วไป.....ชั้นปี:4.....
 สังกัด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ (ก)/(ข).....เพชรบูรณ์.....
 E-mail ...arisaphubua@gmail.com..... โทรศัพท์.....089-7583335.....
 สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน3..... วัน
 บทบาทหน้าที่ในโครงการ
 1.การสกัดสารต้านเชื้อแบคทีเรีย
 2.การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัด
- 5) ชื่อ-นามสกุลนางสาวศศิธร สิงห์ทอง.....
 สาขาวิชา/คณะวิชา:วิทยาศาสตร์ทั่วไป.....ชั้นปี:4.....
 สังกัด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ (ก)/(ข).....เพชรบูรณ์.....
 E-mailsasisasi1919@gmail.com..... โทรศัพท์.....080-5143092.....
 สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน3..... วัน
 บทบาทหน้าที่ในโครงการ
 1.การสกัดสารต้านเชื้อแบคทีเรีย
 2.การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัด
- 6) ชื่อ-นามสกุลนางสาวราภรณ์ มารอด.....
 สาขาวิชา/คณะวิชา:วิทยาศาสตร์ทั่วไป.....ชั้นปี:4.....
 สังกัด: มหาวิทยาลัยราชภัฏ (ก)/(ข).....เพชรบูรณ์.....
 E-mailmewara.cd@gmail.com..... โทรศัพท์.....091-8416621.....
 สัดส่วนการเข้าไปปฏิบัติงาน3..... วัน

บทบาทหน้าที่ในโครงการ

1.การสกัดสารต้านเชื้อแบคทีเรีย

2.การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัด

7. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการและผลที่ได้รับ (output)

เดือน	กิจกรรม	ผลที่ได้รับ (Output)	ตอบสนอง วัตถุประสงค์ข้อที่	ผู้ปฏิบัติงาน
1	สำรวจสภาพปัญหาของผู้ประกอบการ	ปัญหาและความต้องการของผู้ประกอบการด้านการพัฒนากระบวนการย้อมเพื่อให้ได้มาตรฐาน การพัฒนานวัตกรรมเครื่องย้อมเพื่อช่วยทุนแรงของพนักงานย้อมที่เป็นกลุ่มผู้สูงอายุ และการพัฒนาสารช่วยย้อมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของผ้า	1 และ 2	ทีมวิจัย
1	ประชุมทีมนักวิจัย	ปัญหาที่เป็นความต้องการเร่งด่วนที่ผู้ประกอบการต้องการ วางแผนการทำงานในแต่ละพื้นที่ เนื่องด้วยสถานการณ์โควิด 19 ใช้วิธีการประชุมผ่าน App line	1 และ 2	ทีมวิจัย
2	การดำเนินงาน	- ออกแบบเครื่องย้อมผ้า - พัฒนากระบวนการย้อม - เตรียมวัตถุดิบผลิตสารช่วยย้อม	1 และ 2	ทีมวิจัย
3-4	1. การประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้า 2. พัฒนากระบวนการย้อม 3. สกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชต้านเชื้อแบคทีเรีย	1. เครื่องย้อมผ้า 2. กระบวนการย้อมผ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน 3. น้ำมันหอมระเหยสกัด	1 และ 2	ทีมวิจัย
5	1. ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องย้อม 2. ปรับปรุงแก้ไขกระบวนการย้อมเส้นใย	1. หม้อย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถย้อมผ้าได้ดี โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่	1 และ 2	ทีมวิจัย

เดือน	กิจกรรม	ผลที่ได้รับ (Output)	ตอบสนอง วัตถุประสงค์ข้อที่	ผู้ปฏิบัติงาน
	3. การทดสอบ ประสิทธิภาพการด้านเชื้อ แบคทีเรีย	ไม่แตกต่างกันของ เจดสีแต่ละจุดบนผ้า 2. กระบวนการย้อม เส้นใยที่มีมาตรฐาน 3. ประสิทธิภาพการ ยับยั้งแบคทีเรียของ น้ำมันหอมระเหย สามารถยับยั้ง แบคทีเรียได้ ร้อยละ 85 – 100 ที่ความ เข้มข้น 200 ppm		
6	นักวิจัยรายงานความก้าวหน้า นักวิจัยออกพื้นที่ ครั้งที่ 1	ผู้ประกอบการมีความรู้ความ เข้าใจในการใช้เครื่องย้อมผ้า กึ่งอัตโนมัติ มีกระบวนการใช้ สารสำคัญจากธรรมชาติมา เพื่อพัฒนาเป็นสารเคลือบผ้า เพื่อต้านแบคทีเรีย และสรุป กระบวนการย้อมผ้าที่ เหมาะสมกับสถาน ประกอบการ	1 - 4	ทีมวิจัย
6	1. การพัฒนาระบบกลไกใน การบริหารจัดการงานวิจัย ร่วมกันของมหาวิทยาลัยราช ภัฏ ๒ แห่ง 2. การพัฒนาระบบการ ติดตามและการประเมินผล การบริหารจัดการงานวิจัย ร่วมกัน	1. ระบบกลไกในการบริหาร จัดการงานวิจัยร่วมกันของ มหาวิทยาลัยราชภัฏ ๒ แห่ง 2. ระบบการติดตามและการ ประเมินผลการบริหารจัดการ งานวิจัยร่วมกัน (เนื่องด้วยสถานการณ์โควิด 19 รอบที่ 3 ส่งผลให้ทีมวิจัยไม่สามารถ ออกนอกพื้นที่ไปทำเนิน กิจกรรมทอดบทร่วมกัน ได้ จึงยังไม่ได้ดำเนินการ)	3-4	ทีมวิจัย
6	สรุปรายงานผลการ ดำเนินงาน	เล่มรายงาน		

8. รายละเอียดการสนับสนุนจากสถานประกอบการ (ระบุทั้งในลักษณะที่เป็น in cash (การสนับสนุนที่เป็นตัวเงิน) และลักษณะที่เป็น in kind (เช่น การสนับสนุนอุปกรณ์ในสถานประกอบการ การอำนวยความสะดวกในการบริการที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง เป็นต้น) ในแต่ละรายการ พร้อมเอกสารรับรองจากสถานประกอบการด้วย)

การสนับสนุนของสถานประกอบการที่เป็น In-cash

1) สถานประกอบการสนับสนุนเรื่องค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการของบริษัท PIYASILA วัสดุผ้า, เส้นใย, แรงงาน และวัสดุอุปกรณ์ประกอบการผลิต (เช่น ค่าวัสดุ ค่าเครื่องมือ ค่าวัตถุดิบ) จำนวน 30,000 บาท

การสนับสนุนของสถานประกอบการที่เป็น In-kind

1) สถานประกอบการสนับสนุนเรื่องค่าสาธารณูปโภคของสถานประกอบการ

9. บทบาทของสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ นอกเหนือไปจากการสนับสนุน in cash และ in kind (ถ้ามี)

- 1) เป็นผู้ประเมินนวัตกรรมที่เป็นผลผลิตจากงานวิจัย
- 2) ทดสอบผลผลิตจากงานวิจัย

10. แนวทางการถ่ายทอดความรู้ให้แก่สถานประกอบการ (เช่น การจัดอบรม การให้ความรู้แก่บุคลากรของสถานประกอบการ การทำคู่มือการปฏิบัติงาน ฯลฯ เป็นต้น)

ทีมวิจัยลงพื้นที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกับผู้ประกอบการและบุคลากรของสถานประกอบการ

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (โดยแสดงความคาดหวังของประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการดังกล่าว)

11.1 ประโยชน์ในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

เชิงคุณภาพ คณะวิจัยสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่คือ

1. เครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ
2. กระบวนการย้อมเส้นใย
3. สารต้านเชื้อแบคทีเรีย

เชิงปริมาณ

1. เครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ จำนวน 1 เครื่อง
2. กระบวนการย้อมเส้นใย จำนวน 1 กระบวนการ
3. สารต้านเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 3 สาร

11.2 ผลกระทบจากการวิจัย (impact) (ผลกระทบที่เกิดขึ้นภายในองค์กรและผลกระทบที่เกิดขึ้นภายนอกองค์กร)

อินพุต (Input)	กิจกรรม (Activities)	ผลผลิต (Output)	ผลลัพธ์ (Outcome)	ผลกระทบ (Impact)
งบประมาณ	การดำเนินงาน วิจัยนวัตกรรม และมาตรฐาน ในกระบวนการ ย้อมสีผ้า และ ผลิตภัณฑ์สาร ช่วยย้อมผ้าด้าน เชื้อแบคทีเรีย	- กระบวนการผลิต นวัตกรรมในกระบวนการ ย้อมผ้าและการผลิต นวัตกรรมสารช่วยย้อม - ผลการดำเนินงาน และรายงานการทดลองการ เคลื่อนย้ายบุคลากร จาก มหาวิทยาลัยราชภัฏ ๒ แห่ง	เกิดการจ้างงาน เพิ่มขึ้น ลดต้นทุน 5% ปี เพิ่มมูลค่า 5% ปี ลดเวลาการผลิต 20% เพิ่มรายได้ 5% ปี คืนทุนภายใน ปี	ผู้ประกอบการมี รายได้เพิ่มขึ้น 5% จากการนำผลผลิต จากการวิจัยไปใช้ ประโยชน์ใน กระบวนการผลิต และเพิ่มมูลค่า ให้กับผลิตภัณฑ์ ด้วยสารช่วยย้อม ด้านแบคทีเรีย
วัสดุการ วิจัย	การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์เพื่อ การวิจัย	- ผลการถอด บทเรียนการบริหาร โครงการและการดำเนิน		
บุคลากร วิจัย	การเคลื่อนย้าย บุคลากรวิจัย จากเลยและ เพชรบูรณ์เพื่อ การแลกเปลี่ยน องค์ความรู้	โครงการรวมถึงศึกษา ปัญหา อุปสรรค และ แนวทางการแก้ไขของแต่ละ โครงการแต่ละ/ มหาวิทยาลัย - ผลและรายงานการ ศึกษาวิจัยโครงการนำ ร่อง		

11.3 ระบุเรื่องการตกลงเรื่องทรัพย์สินทางปัญญา

ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการวิจัยได้รับอนุญาตให้เป็นผู้นำนวัตกรรมจากโครงการวิจัยไปใช้เพื่อการทดสอบนวัตกรรมการวิจัยและเพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการวิจัย แต่ผู้ประกอบการหรือผู้ที่มาศึกษาหาความรู้จากองค์ความรู้ในการวิจัยไม่มีสิทธิ์ในการผลิต ถ่ายทอด หรือจำหน่ายนวัตกรรมจากการวิจัยในโครงการนี้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรม (Literature review)

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติและผลิตสารช่วยด้านแบคทีเรียสำหรับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผ้าทอ เป็นโครงการวิจัยที่ดำเนินงานร่วมกันระหว่างสถาบันการอุดมศึกษา 3 แห่ง ประกอบด้วย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยมีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ เป็นพี่เลี้ยง โดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการวิจัย 4 วัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนากระบวนการผลิตและมาตรฐานการย้อมสีธรรมชาติ 2) เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารช่วยย้อมผ้าด้านเชื้อแบคทีเรียจากสารธรรมชาติ 3) พัฒนาระบบกลไกในการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกันของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ๒ แห่ง และ 4) พัฒนาระบบการติดตามและการประเมินผลการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกัน มีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ต้องศึกษาดังต่อไปนี้

- 2.1.1 ประเภทของกระบวนการย้อมผ้า
- 2.1.2 วัสดุที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องย้อม
- 2.1.3 มอเตอร์สำหรับการทำงานของแขนกลย้อมผ้า
- 2.1.4 สภาพที่เหมาะสมต่อกระบวนการย้อม
- 2.1.5 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกล
- 2.1.6 การย้อมสี
- 2.1.7 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพืช
- 2.1.8 น้ำมันหอมระเหย
- 2.1.9 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช
- 2.1.10 แบคทีเรียและการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย
- 2.1.11 การพัฒนาระบบกลไกในการบริหารจัดการงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทางคณะวิจัยจึงได้นำปัญหางานวิจัยและแนวคิดของงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา พบว่า ปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานในการผลิตและกระบวนการย้อมแบบดั้งเดิมโดยใช้แรงงานคนในกระบวนการย้อมนั้นส่งผลให้กำลังการผลิตของผู้ประกอบการไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจของผู้ประกอบการเนื่องจากต้องสูญเสียรายได้จากการที่มีกำลังการผลิตไม่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายให้กับลูกค้าในเวลาที่กำหนดได้ และปัญหาที่สำคัญอีกกระบวนการหนึ่งของอุตสาหกรรมสิ่งทอคือเรื่องของการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าของผู้ประกอบการ โดยผลิตภัณฑ์ผ้าทอของผู้ประกอบการเป็นเส้นใยกัญชงที่มีความหนา และสามารถดูดซับเหงื่อได้ดี จึงทำให้ถึงแม้การออกแบบและดีไซน์ของผลิตภัณฑ์จะสวยงามแต่ถ้ามีการลดปัญหาด้านการเกิดกลิ่นเหม็นได้จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าได้ และเนื่องจากผู้ประกอบการเป็นกลุ่มธุรกิจที่จำหน่ายสินค้าอัตลักษณ์ท้องถิ่นและมีมิตรกับธรรมชาติ จึงต้องการนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้กระบวนการของขั้นตอนการเติมสารช่วยย้อมที่มาจากธรรมชาติมาใช้ในการเพิ่มมูลค่าของสินค้าด้านอัตราการลดการเกิดกลิ่นเหม็นด้วยสารต้านแบคทีเรีย

ดังนั้นทางคณะวิจัยร่วมกับบริษัท PIYASILA ที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และวิสาหกิจชุมชน ทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย ได้ร่วมกันพัฒนานวัตกรรมด้านกระบวนการย้อมผ้า เครื่องย้อมผ้า และสารช่วยย้อมต้านเชื้อแบคทีเรียเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าผ้าทออัตลักษณ์ท้องถิ่น

2.1.1 ประเภทของกระบวนการย้อมผ้า

สำหรับโลกอุตสาหกรรมแล้ว มีกรรมวิธีการย้อมผ้าหลากหลายแบบ โดยขบวนการการย้อมผ้าที่เป็นที่นิยมก็คือการย้อมผ้าแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง หลายคนอาจจะสงสัยว่าวิธีการย้อมผ้าแบบต่อเนื่องกับไม่ต่อเนื่องนั้นเป็นอย่างไร มีกระบวนการอย่างไร กรรมวิธีการย้อมผ้าและเส้นด้ายสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีหลัก ๆ ซึ่งก็คือการย้อมแบบดัดซึม การย้อมแบบกึ่งต่อเนื่อง และการย้อมด้วยวิธีต่อเนื่อง โดยแต่ละวิธีก็จะมีขั้นตอนการย้อมที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ย้อม ประเภทของเครื่องจักรที่โรงงาน งบประมาณสำหรับการย้อมผ้า และประโยชน์ใช้สอยของวัสดุที่ย้อม

2.1.1.1 การย้อมแบบดัดซึม (Exhaustion Method)

การย้อมผ้าวิธีนี้ เราจะใช้วิธีการนำผ้าหรือวัสดุที่จะย้อมแช่หรือหมუნลงในอ่างย้อม ให้ผ้าดูดซึมสีในอ่างย้อมจนกระทั่งการย้อมเสร็จสมบูรณ์หรือได้สีตามที่ต้องการ (Batchwise Process) โดยเครื่องย้อมผ้าที่นิยมใช้จะมีหลายแบบ เช่น เครื่องจิกเกอร์ (Jigger dyeing machine) เครื่องเจ็ท (Jet dyeing machine) เครื่องวินช์ (winch dyeing machine) หรือ เครื่องย้อมเส้นด้ายสำเร็จรูป ทั้งนี้เครื่องย้อมแต่ละประเภทจะมีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผ้าต่อสารละลายน้ำย้อม (Liquor Ratio, L:R) แตกต่างกันไป เช่น เครื่องย้อมเจ็ทมี L:R เท่ากับ 1:8-1:12 เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การย้อมแบบดัดซึมไม่เหมาะสมกับการย้อมผ้าจำนวนมาก แต่จะเหมาะสมกับการย้อมผ้าจำนวนน้อยมากกว่า

2.1.1.2 การย้อมแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi – Continuous Method)

การย้อมแบบวิธีกึ่งต่อเนื่อง (Semi – Continuous Method) หรือ การย้อมผ้าแบบ Pad – Batch Dyeing ประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนหลักๆด้วยกัน โดยเริ่มจากการอัดน้ำสีและด่างลงในอ่างย้อมผ้า จากนั้นก็ตามด้วยการม้วนผ้าเก็บไว้ ปิดท้ายด้วยการซักผ้าให้สะอาด เครื่องมือย้อมที่มักจะใช้สำหรับการย้อมผ้าแบบกึ่งต่อเนื่อง จะประกอบด้วย อ่างน้ำย้อมสำหรับจุ่มผ้า ลูกกลิ้งอัดรีดสำหรับการรีดน้ำย้อมส่วนเกินออกจากผ้า ลูกกลิ้งสำหรับม้วนเก็บผ้า และตู้อบในกรณีที่ต้องการให้เป็นและอาจซัก

2.1.1.3 การย้อมด้วยวิธีต่อเนื่อง (Continuous Method)

สำหรับการย้อมผ้าประเภทนี้ ผ้าที่ย้อมจะเคลื่อนที่ไปตามขั้นตอนต่างๆอย่างเป็นระบบ โดยจะไม่หยุดอยู่ที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยจะเริ่มตั้งแต่ผ้าขาว จนกระทั่งการย้อมผ้าเสร็จสมบูรณ์และได้สีตามที่ต้องการ ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ที่เร็วกว่าการย้อมผ้าแบบดัดซึมและการย้อมผ้าแบบกึ่งต่อเนื่อง จึงเหมาะสมกับการย้อมผ้าจำนวนมากๆ อย่างไรก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดขึ้นในระหว่างการย้อม ก็อาจจะ ส่งผลให้ผ้าจำนวนไม่ได้รับการย้อมสีที่ถูกต้องหรือไม่ได้สีย้อมตามที่ต้องการ แนะนำว่าก่อนดำเนินการย้อมด้วยวิธีนี้ จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมการพร้อมกับการตรวจสอบเครื่องจักรอย่างระมัดระวังที่สุด โดยกรรมวิธีการย้อมผ้าแบบต่อเนื่องมักจะประกอบด้วยหลายขั้นตอน เริ่มจากการอัดน้ำสีที่ต้องการจะย้อม ขั้นตอนนี้จะคล้ายกับการอัดสีด้วยการย้อมแบบกึ่งต่อเนื่อง แต่การย้อมแบบต่อเนื่องจะอัดสีรุนแรงกว่า หลังจากนั้นจึงอบผ้าให้แห้งสนิท และฟีนิกซ์โดยใช้ไอน้ำหรือความร้อน แล้วตามด้วยการซักผ้าให้สะอาด (ธนโชติอินเตอร์ เทกซ์ไทล์ : 2562)

2.1.2 วัสดุที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องย้อม

2.1.2.1 ประเภทของสแตนเลส

เมื่อทราบถึงคุณสมบัติของสแตนเลสแล้ว การจะตัดสินใจเลือกใช้สแตนเลสควรจะทราบว่ายี่ห้อสแตนเลสมีประเภท และแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งโดยทั่วไปสแตนเลสแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ตามโครงสร้างคือ ออสเทนนิติก เฟอร์ริติก ดิวเพล็กซ์ มาร์เทนซิติก และเหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึก

1) ตระกูลออสเทนนิติก (Austenitic) หรือที่รู้จักกันใน "ซีรีส์ 300" ซึ่งประมาณได้ว่า 70เปอร์เซ็นต์ของการผลิตสแตนเลสในโลกนี้เป็นสแตนเลสตระกูลออสเทนนิติก ที่ประกอบด้วยคาร์บอนอย่างน้อย 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 16 เปอร์เซ็นต์ และ นิกเกิล หรือซึ่งช่วยปรับปรุง คุณสมบัติในการขึ้นรูปประกอบและเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน บางเกรดจะมีแมงกานีสผสม อยู่ด้วย โดยทั่วไปจะมีโครเมียม 18 เปอร์เซ็นต์ นิกเกิล 10 เปอร์เซ็นต์ และมักเรียกกันว่า 18/10 ซึ่งคล้ายกับ 18/0 และ 18/8

2) ตระกูลเฟอร์ริติก (Ferritic)

มีสมบัติดูดแม่เหล็ก มีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักระหว่าง 10.5-27 เปอร์เซ็นต์ บางเกรดผสมนิกเกิลลงไปเล็กน้อย บางเกรดผสมโมลิบดีนัม หรืออลูมิเนียม ไททาเนียม

3) ตระกูลมาร์เทนซิติก (Martensitic)

เป็นตระกูลที่มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่าออสเทนนิติก และ เฟอร์ริติก แต่มีความทนทานและแข็งแรงมากกว่า มีคุณสมบัติดูดแม่เหล็ก โดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของโครเมียม 12 -14 เปอร์เซ็นต์ โมลิบดีนัม 0.2-1 เปอร์เซ็นต์ มีนิกเกิล 0-2 เปอร์เซ็นต์และมีคาร์บอนผสม อยู่ประมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชุบแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วและอบคืนตัว โดยทั่วไปจะรู้จักกันใน "ซีรีส์ - 00"

4) ตระกูลดิวเพล็กซ์ (Duplex)

เนื่องจากมีโครงสร้างผสมระหว่าง โครงสร้างเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าออสเทนนิติกและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนชนิด รูซึม ซอกอับ มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19 ถึง 28 เปอร์เซ็นต์ โมลิบดีนัมสูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติกใช้งานมากในสภาพแวดล้อมที่มีคลอไรด์สูง

5) ตระกูลเพิ่มความแข็งแรงโดยการตกผลึก

มีความต้านทานการกัดกร่อนเทียบเคียงกับตระกูลออสเทนนิติก มีความแข็งแรงมากกว่า ตระกูลมาร์เทนซิติก เกรด 17-4H ที่รู้จักกันทั่วไป มีโครเมียมผสมอยู่ 17 เปอร์เซ็นต์และมีนิกเกิล 4 เปอร์เซ็นต์ ทองแดง และไนโอเบียม ผสมอยู่ด้วยเนื่องจากสแตนเลสชนิดนี้สามารถชุบแข็งได้ในคราวเดียว จึงเหมาะสำหรับทำแกน ปืนหัววาล์ว และส่วนประกอบของอากาศยาน

ซีรีส์ต่าง ๆ ของสแตนเลส

ซีรีส์ 200 - ตระกูลออสเทนนิติกที่มีส่วนผสมของแมงกานีสสูง

ซีรีส์ 300 - ตระกูลออสเทนนิติก

ซีรีส์ 304 - เป็นสแตนเลสที่มีสารโครเมียมอยู่ 18% และนิกเกิลอยู่ 8 % บางที่เรียกว่า สแตนเลส 18/8 ซึ่งจะไม่มีการเติมโมลิบดีนัม , มีคาร์บอนต่ำ และเป็นสแตนเลสที่ทนต่อการเกิดสนิม (Oxidation) และทนการกัดกร่อนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (Corrosion) เนื่องจากมีสารนิกเกิลจึงทำให้แม่เหล็กดูดไม่ติด มีคาร์บอนต่ำจึงมีความเหนียวสูง สามารถใช้กับการปั๊มขึ้นรูปสูง ๆ ได้ เช่น การทำอ่างล้างหรือภาชนะในครัวต่าง ๆ เพราะสามารถทนความร้อนได้ดี เช่น หม้อ กระทะ เป็นต้น

ซีริส 316 - เป็นเกรดในตระกูลออสเทนนิติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายรองลงมา ใช้สำหรับเครื่องมือผ่าตัดอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา บางครั้งเรียก "เกรดไดโน" เพราะ ทนทานการกัดกร่อนแบบคลอไรด์ได้ดี

ซีริส 400 - ตระกูลเฟอร์ริติก

ซีริส 50 - โลหะที่มีส่วนผสมของโครเมียมและทนความร้อนได้สูง

ซีริส 600 - ตระกูลมาร์เทนซิติกที่เพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก

ซีริส 630 - รู้จักกันดีใน 17-4 หรือหมายถึงมีส่วนผสมโครเมียม 17 เปอร์เซนต์ นิกเกิล 4 เปอร์เซนต์

2.1.2.2 ประโยชน์ของสแตนเลส

การเลือกใช้วัสดุในการประกอบชิ้นงานสำหรับผู้ประกอบการ ผู้ออกแบบหรือโปรดักต์ดีไซน์หรือแม้กระทั่งการนำวัสดุมาใช้ใน บ้าน ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกคนจะพิจารณาทั้งข้อดีและข้อเสียของวัสดุนั้น ๆ โดยประโยชน์ของสแตนเลสมีดังนี้

2.1.2.3 ทนทานต่อการกัดกร่อน

สแตนเลส ทุกตระกูลทนทานต่อการกัดกร่อน แต่จะแตกต่างกันไปตามส่วนผสมของโลหะ เช่น เกรดที่มีโลหะผสม ไม่สูง สามารถต้านทาน การกัดกร่อนในบรรยากาศทั่วไป ในขณะที่เกรดที่มีโลหะ ผสมสูงสามารถต้านทานการกัดกร่อน ในกรด ต่าง สารละลาย บรรยากาศคลอไรด์ ได้เกือบทั้งหมด ความต้านทานต่ออนุมูลอิสระสูงและอนุมูลอิสระต่ำ

2.1.2.4 ความต้านทานต่ออนุมูลอิสระสูงและอนุมูลอิสระต่ำ

สแตนเลส บางเกรดสามารถทนความร้อนหรือ/และความเย็น รวมถึงการเปลี่ยนอุณหภูมิโดยฉับพลันได้ดี และด้วยคุณสมบัติพิเศษในการทนไฟ ทำให้มีการนำสแตนเลสไปใช้ในอุตสาหกรรมขนส่งอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี อย่างแพร่หลาย งานต่องานประกอบ หรือแปรรูปสแตนเลส ส่วนใหญ่สามารถตัด เชื่อม ขึ้นรูป ตบแต่งทางกล ลากขึ้นรูป ขึ้นรูปนูนต่ำได้ง่ายด้วยรูปร่าง สมบัติ และลักษณะต่าง ๆ ของสแตนเลสช่วยให้ ผู้ผลิตสามารถนำสแตนเลสไปประกอบกับวัสดุอื่น ๆ ได้ง่าย

2.1.2.5 ความทนทาน

คุณสมบัติ เด่นอีกประการหนึ่งของสแตนเลส คือความแข็งแรงทนทาน สแตนเลสสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ด้วยการขึ้นรูปเย็น ซึ่งใช้เพื่อออกแบบงาน โดยลดความหนา น้ำหนักและราคา สแตนเลสบางเกรดอาจใช้ในงานที่ทนความร้อนและยังคงความ ทนทานสูง

2.1.2.6 ความสวยงาม

ด้วยรูปทรงและพื้นผิวที่หลากหลายรูปแบบที่สวยงาม ทำความสะอาดได้ง่าย ปัจจุบันสแตนเลสมีสีให้เลือกมากมายด้วย กรรมวิธีชุบเคลือบผิวด้วยเคมี ไฟฟ้าสามารถทำให้ สแตนเลสมีผิวสีทอง บรอนซ์ เทียนเงิน และสีดำ ทำให้สามารถเลือกประยุกต์ใช้สแตนเลสได้อย่างมากมาย นอกจากนี้ความเงางามของสแตนเลสในอ่างล้างจาน อุปกรณ์ประกอบอาหาร หรือ เฟอร์นิเจอร์ทำให้บ้านดู สะอาดและน่าอยู่อีกด้วย

2.1.2.7 ความปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ

การทำความสะอาด การดูแลรักษาสแตนเลส และมีความเป็นกลางสูงจึงไม่ดูดซึม รสใดๆเป็นเหตุผลสำคัญที่สแตนเลสถูกนำมาใช้งานในงานโรงพยาบาลเครื่องครัวด้านโภชนาการและด้านเภสัชกรรม เนื่องจากความทนทาน ต้องการการดูแลรักษาน้อย และค่าใช้จ่ายต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ

ระยะเวลาการใช้งาน การใช้อุปกรณ์เครื่องครัวสแตนเลสในบ้านเรือนให้ความรู้สึกถึงความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ (ธนกร แก้วน้อย, 2559)

2.1.3 มอเตอร์สำหรับการทำงานของแกนกลย้อมผ้า

มอเตอร์ของกระแสไฟฟ้ากลับไปกลับมาครบ 1 รอบ เรียก 1 ไซเคิล (Cycle) หรือ 1 รูปคลื่น และจำนวนรูปคลื่นทั้งหมดในเวลาที่ผ่านมา 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ (Frequency) ซึ่งความถี่ไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นรอบต่อวินาที หรือรูปคลื่นต่อวินาที หรือไซเคิลต่อวินาที มีหน่วยย่อเป็น เฮิร์ต (Hertz : Hz) สำหรับประเทศไทยใช้ความถี่ไฟฟ้าเท่ากับ 50 เฮิร์ตซ์

ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าเพียง 1 รูปคลื่น เรียกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (Single Phase) และถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมาพร้อมกัน 2 รูปคลื่น เรียกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ 2 เฟส และถ้ามี 3 รูปคลื่นเรียกว่า ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพราะให้แรงดันไฟฟ้าได้ 2 ระดับคือ 380 โวลต์ และ 220 โวลต์ รูปคลื่นแต่ละรูปคลื่นเรียกว่า เฟส A , เฟส B และ เฟส C ตามลำดับ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเอซิมอเตอร์ ถูกขับให้หมุนโดยไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน 2 ส่วนได้แก่ โครงด้านนอก ที่มีขดลวดสนามพันในแกนเหล็กอ่อน เพื่อรับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและสร้างสนามแม่เหล็ก และภายในจะเป็นโรเตอร์ที่ส่งถ่ายแรงบิดเป็นการหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามโรเตอร์ ได้แก่ ซิงโครสมอเตอร์ (Synchronous Motor) และอะซิงโครนสมอเตอร์ (Asynchronous motor) หรือเรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (induction Motor)

2.1.3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ (AC Induction Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำนิยมใช้กับงานอุตสาหกรรมทุกประเภท เนื่องจากราคาถูก และสามารถต่อเข้ากับไฟฟ้ากระแสสลับได้ง่าย และมีการบำรุงรักษาน้อย สามารถแบ่งออกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 1 เฟส และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 1 เฟส ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดไม่เกิน 10 HP มอเตอร์จะเหมาะสมสำหรับการใช้งานทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการกำลังและแรงบิดมากนัก เช่น ปั๊มน้ำ และพัดลมระบายอากาศ เป็นต้น

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 1 เฟส แบ่งออกได้ 3 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะแตกต่างกันตามวิธีการทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน ได้แก่ มอเตอร์แบบแยกเฟส (Split-Phase Motor) มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor Motor) และมอเตอร์แบบเซดัดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole Motor)

- มอเตอร์ไฟฟ้าแบบแยกเฟส มอเตอร์ที่ใช้งานกันมากที่สุดคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 1 เฟสแบบแยกเฟส ซึ่งนิยมใช้ในการงานเครื่องซักผ้าและเครื่องเป่าผ้าให้แห้ง ตู้เย็น ปั๊มแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pump) มอเตอร์ชนิดนี้จะมีแรงบิดเริ่มต้นที่สูงมาก โดยใช้ขดลวดสตาร์ท ในมอเตอร์แบบแยกเฟสจะมีขดลวดอยู่ 2 ชุด ได้แก่ ขดลวดสตาร์ท (Startup Winding) ขดลวดหลัก (Main Winding) หรือขดลวดรัน (Running Winding) ซึ่งทั้งสองขดลวดจะวางทำมุมกัน 90 องศาไฟฟ้า ขดลวดสตาร์ทจะพันด้วยขดลวดเส้นเล็กกว่า และจำนวนรอบน้อยกว่าขดลวดหลัก จึงมีความต้านทานมากกว่าขดลวดหลัก ดังนั้นขดลวดสตาร์ทจะมีความเป็นแม่เหล็ก (L) น้อย และมีความต้านทาน (R) สูง อัตราส่วน L/R ต่ำ จะทำให้เกิดเฟสเลื่อนเล็ก ๆ ขึ้นไม่เกิน 30 องศาไฟฟ้า ระหว่างฟลักซ์ขดลวดหลักและฟลักซ์ขดลวดสตาร์ท เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนขดลวดสตาร์ทจะต่อวงจรเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยสวิตช์แรง

เหวี่ยง (Centrifugal Switch) เฟสของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในขดลวดสตาร์ทจะเลื่อนจากเฟสของขดลวดหลัก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น และจะเหนี่ยวนำไปเกิดกระแสไฟฟ้าในโรเตอร์ (โรเตอร์แบบกรงกระรอก) เป็นการสตาร์ทมอเตอร์หลักจากที่โรเตอร์หมุนได้ด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัด สวิตช์แรงเหวี่ยง (ประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ที่ติดตั้งอยู่ภายในโครงมอเตอร์ และส่วนเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่ที่โรเตอร์ มีหน้าที่ตัดวงจรขดลวดสตาร์ท) จะเหวี่ยงให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกัน เป็นการตัดขดลวดสตาร์ทออกจากวงจร เพราะถ้ายังต่อวงจรอยู่ จะเกิดการสูญเสียในมอเตอร์สูง

2) มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ มอเตอร์แบบนี้ ตัวคาปาซิเตอร์จะต่ออนุกรมกับขดลวดสตาร์ทเป็นวงจร LC ค่าความจุของเฟสเลื่อนจะมาก (ทำให้แรงบิดสตาร์ทมาก) มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ยังสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ ได้แก่ มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor Start Motor) มอเตอร์แบบเพอร์มาเนนต์สปลิตคาปาซิเตอร์ (Permanent Split Capacitor ; PSC Motor) และมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สองค่า (Two Value Capacitor Motor)

- มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท มอเตอร์แบบนี้จะคล้ายมอเตอร์แบบแยกเฟส แต่คาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ในการช่วยสตาร์ทมอเตอร์ โดยต่ออนุกรมกับขดลวดสตาร์ท ขดลวดสตาร์ทจะมีขนาดใหญ่กว่ามอเตอร์แบบแยกเฟส และจำนวนรอบการพันขดลวดมากกว่าขดลวดหลัก แรงบิดขณะสตาร์ทสูงกว่ามอเตอร์แบบแยกเฟส เพราะคาปาซิเตอร์ทำให้กระแสไฟฟ้าของขดลวดสตาร์ทนำหน้ากระแสไฟฟ้าของขดลวดหลัก คาปาซิเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic Capacitor)

- มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทมีข้อดีกว่าแบบแยกเฟสคือ คาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับวงจรขดลวดสตาร์ท ทำให้มอเตอร์มีแรงบิดสูงมากกว่าคือ 200-400% ของภาระงาน และการใช้กระแสไฟฟ้าสตาร์ทต่ำกว่า แม้ว่าคาปาซิเตอร์จะมีราคาแพง แต่มีการประยุกต์ใช้งานกว้างขวางมากกว่ามอเตอร์แบบแยกเฟส ใช้ในเครื่องทำความเย็น สายพานลำเลียง บั๊ม และโบลเวอร์ขนาดใหญ่ มีขนาด 0.37 – 7.5 KW (10hp)

- มอเตอร์แบบเพอร์มาเนนต์สปลิตคาปาซิเตอร์ หรือมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์รัน มอเตอร์แบบนี้จะไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ดังนั้นคาปาซิเตอร์และขดลวดสตาร์ทจะต่ออนุกรมกันตลอดเวลา ไม่มีการถูกตัดออกจากวงจร ให้แรงบิดเริ่มต้นต่ำกว่าสองแบบแรกมาก แต่คาปาซิเตอร์แพกเกจดีขึ้น เหมาะสำหรับงานที่ขับเคลื่อนด้วยสายพานและภาระที่ยึดติดกับแกนเพลลาของมอเตอร์โดยตรง เช่น มอเตอร์ของพัดลมเครื่องปรับอากาศ พัดลมเพดาน และพัดลมดูดอากาศ มอเตอร์ชนิดนี้ทำงานคล้ายมอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง และขดลวดที่สองจะต่อกับแหล่งจ่ายโดยตรง มอเตอร์ชนิดนี้ใช้ในงานเครื่องเป่าลม พัดลม โบลเวอร์ และอุปกรณ์ที่ต้องการเปลี่ยนความเร็ว โดยการปรับเปลี่ยนจุดต่อที่ขดลวดหลัก แต่ภาระยังคงที่ ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนด้วยความเร็วตามที่ต้องการ

- มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ 2 ค่า มอเตอร์แบบนี้จะใช้คาปาซิเตอร์ 2 ตัว หรือ 2 ค่าต่อขนานกัน คาปาซิเตอร์ตัวแรกทำหน้าที่เป็นคาปาซิเตอร์สตาร์ท เป็นชนิดอิเล็กโทรไลต์ คาปาซิเตอร์ตัวที่สอง ทำหน้าที่เป็นคาปาซิเตอร์รัน เป็นคาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน ขดลวดหลักจะเป็นขดลวดที่รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยตรง ขดลวดสตาร์ทจะได้รับพลังงานไฟฟ้าผ่านคาปาซิเตอร์ 2 ตัวที่ต่อขนานกัน ซึ่งเมื่อเริ่มต้นหมุน คาปาซิเตอร์ทั้งสองตัวที่ต่อขนานกันจะทำให้ค่าความจุเพิ่มสูงขึ้น มอเตอร์จึงมีแรงบิดที่สูงมาก มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ 2 ค่า เมื่อเริ่มต้นหมุนจะเหมือนกับมอเตอร์คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท แต่เมื่อหมุนแล้วมอเตอร์จะเป็น 2 เฟส เป็นมอเตอร์ที่มีกำลังมาก (5-15 hp) ใช้กับงานเครื่องจักรงานไม้และงานโลหะ

3) มอเตอร์แบบเซเดโพล เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์ที่ต้องการแรงบิดต่ำ เช่น พัดลมไฟฟ้าขนาดเล็ก หรืออุปกรณ์ต่างๆภายในบ้าน มอเตอร์ชนิดนี้จะมีสเตเตอร์ทำด้วยเหล็กแผ่นบางอัดซ้อนกันเป็นแบบซี่แม่เหล็กยื่น โดยพื้นฐานที่ด้านหน้าของแม่เหล็กจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่มีพื้นที่มากกว่าเรียกว่า อันเซเดโพล ซึ่งมีขดลวดหลักพันอยู่และมีส่วนที่มีพื้นที่น้อยเรียกว่า เซเดโพล และมีวงแหวนทองแดงคล้องอยู่เรียกว่า ขดลวดเซเด ส่วนโรเตอร์จะเป็นส่วนกรงกระรอก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสเข้าขดลวดหลัก เกิดเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านโรเตอร์และจะมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งที่ไหลผ่านขดลวดเซเด ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นอีกชุดหนึ่งเส้นแรงแม่เหล็กรวมเกิดการบิดเบี้ยวไป หรือเกิดการต่างเฟส จึงทำให้แรงบิดหมุนโรเตอร์ได้

2.1.3.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส จะมีขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า มุมเฟสที่แตกต่างกันระหว่างขดลวด 3 เฟสทำให้เกิดฟลักแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหมุนขึ้น เคลื่อนที่ตัดตัวนำที่อยู่ในโรเตอร์ของมอเตอร์ ทำให้โรเตอร์หมุนไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุนด้วยความเร็วต่ำกว่าซิงโครนัส ถ้าความเร็วของโรเตอร์เท่ากับความเร็วของซิงโครนัส แรงบิดจะมีค่าเท่ากับศูนย์ โรเตอร์จะหยุดหมุน การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ทำได้โดยการสลับสายไฟคู่ใดคู่หนึ่งที่จ่ายให้ขดลวดที่สเตอร์ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไว้เหมือนเดิม ก็จะทำให้สนามแม่เหล็กหมุนและโรเตอร์หมุนกลับทิศทางได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ใช้ขับเคลื่อนลิฟต์ สายพานลำเลียง เครื่องไส เครื่องกลึง และปั๊มขนาดใหญ่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ จึงมีความเร็วคงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงความเร็วตามรอบภาระ และมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำ มอเตอร์แบบนี้มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ทำการบำรุงรักษาง่าย เพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์ มีราคาถูก มีขนาดตั้งแต่ ½ ถึง 400 HP การต่อขดลวดสนามมอเตอร์แบบ 3 เฟสมีการต่อ 2 แบบคือ การต่อแบบสตาร์หรือแบบวาย และการต่อแบบเดลต้าหรือสามเหลี่ยม การต่อแบบสตาร์ทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดต่ำกว่าแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ $1/\sqrt{3}$ หรือเท่ากับ 0.557 เท่าและการต่อแบบเดลต้ามีแรงดันตกคร่อมขดลวดเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย

2.1.3.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับ งาน ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของ มอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้น ๆ และสามารถ เลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงานออกแบบระบบประปาหมู่บ้านหรืองานอื่นที่เกี่ยวข้องได้

2.1.4 สภาพที่เหมาะสมต่อการย้อม

ในการผลิตสิ่งทอระดับชุมชนมักพบว่ายังมีปัญหาด้านคุณภาพ การย้อมอยู่ จากการดำเนินงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไหม ซึ่งจะเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นกับกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอระดับชุมชน พบว่ายังขาดความระมัดระวังและไม่ได้ใส่ใจที่จะยึดระบบซึ่ง ตวง วัด เพื่อเป็นตัวควบคุมคุณภาพการย้อมอย่างเต็มที่ ดังนั้นจึงทำให้คุณภาพการย้อมของผลิตภัณฑ์สิ่งทอระดับชุมชนไม่ดีนักแม้ว่าบริษัทผู้ผลิตจะมีการพัฒนาคุณภาพโดยเฉพาะด้านความคงทนของสี ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการย้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตระดับชุมชนสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.4.1 คุณภาพของสิ่งทอ วัตถุดิบตั้งต้น ที่ส่งผลต่อ คุณภาพการย้อม เนื่องจากสิ่งทอที่ คุณภาพดีมีความสม่ำเสมอจะมีคุณสมบัติที่ส่งผลต่อคุณภาพการย้อมด้วย

2.1.4.2 การเตรียมก่อนการย้อม ตามที่ได้กล่าวถึงเรื่องกระบวนการเตรียมสิ่งทอเพื่อย้อมข้างต้น จะเห็นได้ว่า สิ่งทอที่ผ่านการเตรียมดีมีผลต่อคุณภาพของกระบวนการต่อไป

2.1.4.3 คุณภาพของสีและสารเคมี สีและสารเคมีที่มาจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกันมีความแตกต่างในด้านคุณภาพ และอัตราส่วนผสม ดังนั้น ในกระบวนการฟอกย้อมจึงไม่ควรใช้สีและสารเคมีที่ผลิตจากต่างบริษัทปะปนกันนอกจากนี้สีและสารเคมีแต่ละชนิดมีอายุการเก็บแตกต่างกัน ซึ่งอายุของสีและสารเคมีบางชนิดส่งผลต่อ คุณภาพการย้อมที่ได้ ดังนั้นในการซื้อสีและสารเคมีมาใช้งานจึงควรเลือกจากแหล่งขายที่มีความน่าเชื่อถือ มีการหมุนเวียนของสินค้าดี

2.1.4.4 คุณภาพของน้ำย้อม น้ำฝนเป็นน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้ในกระบวนการฟอกย้อมที่สุดเนื่องจากน้ำฝนมีสิ่งเจือปนน้อยสารแขวนลอย สารที่ทำให้น้ำกระด้าง (สารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต , แมกนีเซียม และคาร์บอเนต เป็นต้น) หรือคลอรีนแต่หากพื้นที่ที่ทำการย้อมไม่มีน้ำฝนเพียงพออาจใช้น้ำประปา ที่กักไว้แล้วนำไปผ่านเครื่องกรองคลอรีนและสิ่งเจือปน ในกรณีที่ต้องใช้น้ำ ที่มีความสิ่งเจือปน จำพวกสารแขวนลอย เช่น น้ำจากแม่น้ำลำคลองก็ควรนำน้ำมากักทิ้งไว้ให้ตกตะกอน และหากเป็นไปได้ควรนำน้ำที่แยกสิ่งเจือปนออกแล้วนำมากักซ้ำเพื่อให้ตกตะกอนอีกหลายครั้งจนน้ำสะอาดดีก่อนนำมาใช้โดยปกติแล้วน้ำบาดาลเป็นน้ำที่มีความกระด้างไม่ควรนำมาใช้ในกระบวนการลอกขาวและย้อมสีแต่หากจำเป็นต้องใช้ควรทำการปรับสภาพน้ำ ให้อ่อนลงก่อนนำมาใช้โดยการเติม โซเดียมคาร์บอเนตเดคะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) หรือ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) เป็นต้น

2.1.4.5 อัตราส่วนน้ำย้อม โดยปกติการทำความสะอาด ลอกขาวและย้อมสีจะมีการกำหนดปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับกระบวนการนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ อาจแตกต่างกันในแต่ละบริษัทผู้ผลิตสีและสารเคมีทั้งนี้แต่ละบริษัทจะมีการทดลองอัตราการใช้ น้ำที่เหมาะสมและให้ผลที่ดีที่สุดเมื่อกระบวนการฟอกย้อมนั้น

2.1.4.6 ปริมาณสีและสารเคมี การทำความสะอาด การลอกขาวแล้วย้อมใหม่ด้วยสีชนิดใด ๆ ควรมีการชั่งตวงวัดสารเคมี และสีที่ใช้ทุกครั้งและหากต้องการย้อมซ้ำให้ได้สีเดิม ปริมาณสารเคมีที่ได้จากการชั่ง ตวง วัด น้ำหนัก ทำการจดบันทึกไว้และเก็บพร้อม กับตัวอย่างสีตัวอย่างใหม่ที่ได้จากการย้อม เพื่อเป็นการเก็บรวบรวม ข้อมูลไว้ใช้ในการควบคุมคุณภาพ การย้อมใหม่ด้วยสีเคมีสำเร็จพร้อมใช้ชนิดบรรจุของ และสารเคมีบรรจุของ สามารถใช้งานได้สะดวก แต่ก็ยังพบว่าเมื่อผู้ย้อมต้องการใช้สีหรือสารเคมีบางส่วนจะทำการโดยการเทสีหรือสารเคมีจากซองโดยการกะประมาณทำให้คุณภาพการย้อมและการทำซ้ำเป็นไปได้ยาก ดังนั้น หากต้องการใช้สารเคมีเพียงบางส่วน ควรใช้วิธีชั่งโดยตาชั่งที่มีความละเอียดเพื่อความแม่นยำ และการผลิตซ้ำได้

2.1.4.7 อุณหภูมิ โดยปกติผู้ย้อมสีระดับชุมชนจะใช้ประสบการณ์ในการประมาณอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการลอกขาวและย้อมสีนั้น ๆ การใช้ประสบการณ์ดังกล่าวปฏิบัติโดยการสังเกตลักษณะของน้ำ ไอความร้อนของน้ำ ตัวอย่างเช่น จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตไหมระดับชุมชน โดยส่วนใหญ่จะตอบคำถามและอธิบายวิธีการผลิตดังนี้ “หากน้ำ มีฟองพองๆ มีไอความร้อนที่สังเกตเห็นได้ว่าเป็นไอขาวๆ ลอยอยู่เหนือน้ำก็สามารถนำเส้นไหมลงย้อมได้หรือนำเส้นไหมลงลอกขาวได้” เป็นต้นแม้ว่าการสังเกตดังกล่าวจะมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการแต่หากต้องการควบคุมผลการย้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการย้อมซ้ำให้มีประสิทธิภาพ การวัดอุณหภูมิของสารละลายหรือน้ำ สีโดยเทอร์โมมิเตอร์จะให้ผลที่แม่นยำแน่นอนกว่า

2.1.4.8 ระยะเวลา การควบคุมระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาด การลอกกาว และย้อมสี เป็นเรื่องที่น่าจะทำได้ไม่ยากเนื่องจากอุปกรณ์ที่ช่วยในเรื่องนี้คือ นาฬิกา ซึ่งมีใช้ทุกครัวเรือน แต่ผู้ย้อมโดยส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการประมาณจากประสบการณ์โดยการสัมผัสความลื่น-ความฝืดของไหมในกระบวนการลอกกาว และการพิจารณาสีที่ย้อมได้ว่าใช้ได้หรือไม่ ควรยุติกระบวนการฟอกย้อมได้หรือไม่ ซึ่งหากการพิจารณาดังกล่าวใช้ร่วมกับการจับเวลาจะได้ผลที่ดีกว่า โดยปกติการย้อมสีแต่ละชนิดจะมีระยะเวลาที่เหมาะสม สำหรับการติดทนของสีในเส้นใยแตกต่างกันและหากการย้อมนั้นใช้เวลาน้อยกว่าที่ควรใช้สีที่ย้อมได้อาจไม่ทนทานลอกหลุดได้ง่าย

2.1.4.9 การหมุนเวียนของสารละลายหรือน้ำย้อม การให้โอกาสเส้นด้ายได้สัมผัสกับสารละลายเคมีใน กระบวนการทำความสะอาด ลอกกาวและสัมผัสกับน้ำสีในกระบวนการย้อมอย่างสม่ำเสมอทั่วถึงกัน จะส่งผลต่อความสม่ำเสมอของการทำความสะอาด การลอกกาวและย้อมสีที่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงแรกของการทำความสะอาด การลอกกาวและการย้อม ไม่ควรจุ่มแช่เส้นด้ายและทิ้งไว้ในสารละลายหรือน้ำสีเนื่องจากจะทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอได้ง่ายมาก ในทางปฏิบัติเพื่อให้เกิดผลดีที่สุด การหมุนเวียนของสารละลายและน้ำย้อม ควรเกิดตลอดเวลา เพื่อให้สารละลายและน้ำย้อมไม่อยู่นิ่งซึ่งอาจเกิดการตกตะกอนได้และหากตะกอนของสารเคมีหรือสีตกลงบนเส้นด้าย จะทำให้ผลของการทำความสะอาด การลอกกาวและย้อมสีไม่สม่ำเสมอหรือต่างได้ง่าย

2.1.4.10 ภาชนะเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ ภาชนะ เครื่องมือ หรือ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาด การลอกกาว และย้อมสี ควรมีขนาด ความกว้าง และความลึกที่เหมาะสมต่อการใช้งานทั้งนี้เพื่อให้เส้นด้ายไหมแนบสัมผัสกับกันภาชนะซึ่งจะเป็นการสัมผัสกับความร้อนที่ให้ในกระบวนการปากภาชนะที่กว้างเกินไปทำให้ความร้อนสูญเสียมากเกิดความสิ้นเปลืองที่สำคัญ ควรทำจากวัสดุที่ทนทานต่อสารเคมีทั้งกรดและด่างสามารถล้างทำ ความสะอาดง่ายจากพวกเหล็ก ปลอดภัย (Stainless steel) หรือภาชนะเคลือบ (เฉลิมพร ทองพูน, 2557)

2.1.5 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกล

เครื่องจักรที่ดีไม่ใช่เป็นเพียงแค่เครื่องจักรที่ไม่เสีย เปิดสวิตช์เมื่อใดทำงานเมื่อนั้นหากแต่ต้องเป็นเครื่องจักรที่เปิดขึ้นมาแล้วทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ เดินเครื่องได้เต็มกำลังความสามารถ แต่ถ้าเครื่องจักรใช้งานได้ตลอดเวลาและเดินเครื่องได้เต็มกำลัง แต่ชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่มีคุณภาพ ก็คงไม่มีประโยชน์อะไร ดังนั้นเรื่องคุณภาพของงานที่ออกมาจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะใช้พิจารณาเครื่องจักร และที่สำคัญเครื่องจักรที่ดีต้องใช้งานได้ปลอดภัย ประสิทธิภาพของเครื่องจักร หมายถึงค่าที่ได้จากผลคูณระหว่าง อัตราเวลาที่เครื่องจักรทำงานอัตราสมรรถนะ และอัตราผลิตภัณฑ์ที่ดี เป็นการสรุปรวมว่า มีการใช้เครื่องจักรอย่างไรและเดินเครื่องด้วยความเร็วเท่าใด และมีอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์เท่าไร นอกจากนี้ยังเป็นดัชนีชี้วัดว่ามีส่วนร่วมในเวลาที่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นมากน้อยเท่าใด ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness) เป็นค่าที่เรารู้จักกันเป็นอย่างดีในฐานะตัวเลขที่ใช้บ่งบอกสมรรถนะของโรงงานที่ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในกระบวนการผลิต หรือนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า “OEE” นอกจากนั้น ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรยังใช้เป็นตัวเลขในการวัดความสำเร็จของโรงงานที่ดำเนินกิจกรรม TPM หรือเรียกได้ว่าการดำเนินกิจกรรม TPM ก็คือ การเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องจักร

สูตรคำนวณ OEE ประสิทธิภาพโดยรวม = อัตราการเดินเครื่องจักร X ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง X อัตราคุณภาพของเครื่องจักร

อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability) หมายถึง อัตราที่คำนวณจากสัดส่วนของเวลาสุทธิที่หักเวลาที่เครื่องจักรหยุดออก (เวลาที่เครื่องจักรทำงาน) เทียบกับเวลารับภาระงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกได้ว่าเครื่องจักรสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาหรือไม่ เวลาทั้งหมด (Total Time) หมายถึงเวลาที่เรามีเครื่องจักรอยู่ในโรงงาน แต่ไม่ได้หมายความว่าเราจะต้องวางแผนการใช้เครื่องให้เท่ากับเวลาที่มีทั้งหมด เราคงต้องมีเวลาหยุดเพื่อบำรุงประจำวัน เวลาหยุดเพื่อประชุมชี้แนะ เวลาหยุดเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงงาน เวลาหยุดที่เราตั้งใจทั้งหมดนั้นเราเรียกว่า เวลาหยุดตามแผน (Planned Shutdown) ดังนั้นเวลาที่เราต้องการให้เครื่องจักรใช้งานได้ตลอดจึงไม่ใช่เวลาทั้งหมด เวลารับภาระงาน (Loading Time) หมายถึง เวลาที่มีการวางแผนไว้ว่าต้องใช้ในการผลิตโดยนำเวลาทั้งหมดมาหักออกด้วยเวลาหยุดตามแผนและเวลารับภาระนี้เองที่เราต้องการให้เครื่องจักรเดินเครื่องได้ตลอดเวลา เวลาเดินเครื่อง (Operating Time) หมายถึง เวลาที่รับภาระงานลบเวลาที่เสียไปจากการชำรุดเสียหาย การเตรียมงาน การเปลี่ยนใบมีด และการหยุดอื่น ๆ หรือหมายถึงเวลาที่เครื่องจักรทำงานอยู่จริง

$$\text{เวลาเดินเครื่อง} = \text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด}$$

$$\text{อัตราการเดินเครื่องจักร} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระ}}$$

ตัวอย่าง เครื่องจักรเครื่องหนึ่งมีเวลาทำงานทั้งหมดสัปดาห์ละ 40 ชั่วโมง ในช่วง 1 สัปดาห์เครื่องจักร นี้มีเวลาหยุดตามแผน 6 ชั่วโมง มีเวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด 3 ชั่วโมง จงหาอัตราการเดินเครื่องของเครื่องจักรนี้ในหนึ่งสัปดาห์

$$\begin{aligned} \text{เวลารับภาระงาน} &= \text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาหยุดตามแผน} \\ &= 48 - 6 \\ &= 42 \text{ ชั่วโมง} \\ \text{เวลาเดินเครื่อง} &= \text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาสูญเสียเครื่องจักรหยุด} \\ &= 42 - 3 \\ &= 39 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระ}}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติด้านจำนวนของผ้าที่เพิ่มขึ้น} &= \frac{39}{42} \\ &= 92.85\% \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) หมายถึง อัตราที่คำนวณจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริงต่อจำนวนชิ้นงานที่ควรผลิตได้ตามมาตรฐาน ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกได้ว่าเครื่องจักรสามารถใช้งานได้เต็มกำลังหรือไม่ โดยที่เวลาเดินเครื่องจะไม่เท่ากับเวลารับภาระงาน หากเกิดความสูญเสียที่ทำให้เครื่องหยุดทำงาน แต่ความสูญเสียที่มีโอกาสเกิดขึ้นยังไม่หมดเพียงแค่นั้น ยังมีความสูญเสียที่ทำให้เครื่องจักรเสียกำลัง ซึ่งทำให้เวลาเดินเครื่องที่น้อยอยู่แล้วเหลือน้อยลงไปอีก เรียกว่า เวลาเดินเครื่องสุทธิ

เวลาเดินเครื่องสุทธิ = เวลาเดินเครื่อง - เวลาสูญเสียจากเครื่องเสียกำลัง

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

ประสิทธิภาพการเดินเครื่องบางครั้งไม่สามารถคำนวณได้โดยตรงเนื่องจากมีความสูญเสียไม่สามารถจับเวลาได้แต่ทำให้เครื่องเสียกำลัง เช่น ไฟตก เครื่องเดินไม่เรียบ เครื่องสะดุดหรือหยุดเล็กน้อย เป็นต้น เวลามาตรฐานในการทำงานต่อชิ้นสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้เพราะถ้าหากเรามีเวลามาตรฐานก็จะทราบว่าตามเวลาเดินเครื่องเราควรผลิตงานได้กี่ชิ้น และในความเป็นจริงแล้วเราผลิตงานได้กี่ชิ้น

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ควรผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน}}$$

อัตราคุณภาพ (Quality Rate) หมายถึง อัตราที่คำนวณจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานของดีที่ผลิตได้ทั้งหมดต่อชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกได้ว่าเครื่องจักรผลิตของเสียหรือไม่โดยเวลาสุทธิบางครั้งก็ไม่ได้เกิดมูลค่าทั้งหมด เพราะเสียเวลาส่วนหนึ่งไปกับการผลิตของเสียหรือเรียกว่าการผลิตของเสีย
เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า = เวลาเดินเครื่องสุทธิ - เวลาสูญเสียจากการผลิตของเสีย

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า}}{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}$$

อัตราคุณภาพบางครั้งก็ไม่สามารถได้โดยการใช้สมการดังกล่าว เนื่องจากความยากลำบากในการจับเวลาที่ต้องสูญเสียไปกับการผลิตงานเสียแต่เราสามารถดูความสูญเสียที่ออกมาในรูปของชิ้นงานที่เสียและชิ้นงานที่ต้องนำกลับไปแก้ไข

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด} - \text{จำนวนชิ้นงานที่เสียและที่ซ่อม}}{\text{จำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด}}$$

ปัจจัยที่ส่งผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำ

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) คือการนำเอาอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราอัตราคุณภาพมาพิจารณา เนื่องจากทั้ง 3 เป็นปัจจัยเป็นสัมประสิทธิ์ซึ่งกันและกันในการส่งผลต่อประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ดังนั้นการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงการเพิ่มค่า (OEE) นั้นจะต้องมีปัจจัยทั้งหมด 3 ค่าด้วยกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

กระบวนการ	อัตราการเดินเครื่อง (A)	ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P)	อัตราคุณภาพ (Q)
กระบวนการผลิต A	100 %	50 %	100 %
กระบวนการผลิต B	90 %	90 %	90 %
กระบวนการผลิต C	70 %	85 %	95 %

OEE ของสายการผลิต A = $(1.0 \times 0.5 \times 1.0) \times 100\% = 50 \%$

OEE ของสายการผลิต B = $(0.9 \times 0.9 \times 0.9) \times 100 \% = 72.9 \%$

OEE ของสายการผลิต C = $(0.7 \times 0.85 \times 0.95) \times 100\% = 56.5\%$

จากตัวอย่างเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิต A จะมีอัตราการเดินเครื่องถึง 100% และอัตราคุณภาพถึง 100% แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเดินเครื่องที่มีเพียง 50% ทำให้ OEE เหลือเพียง 50% จากกรณีนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่ากระบวนการผลิต A ไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องจักรเสียหรือเครื่องจักรหยุดใด ๆ รวมทั้งไม่มีปัญหาทางด้านคุณภาพด้วยแต่กระบวนการผลิตทำได้ช้ามากเพียงแค่ว่า 50 % ของกำลังการผลิตมาตรฐาน

กระบวนการผลิต B ดูเหมือนว่า OEE น่าจะออกมาสูงเนื่องจากตัวประกอบทั้ง 3 ตัวอยู่ในเกณฑ์ สูงแต่จริง ๆ OEE ที่ออกมาเท่ากับ 72.9% เพราะว่ายังไม่สามารถเดินเครื่องได้ตลอดเวลา มีเวลาหยุดเครื่องไป 10% เครื่องยังเดินได้ไม่เต็มกำลังขาดไปอีก 10% และมีของเสียในปริมาณสูงถึง 10%

กระบวนการผลิต C ถึงแม้จะไม่มีปัญหาด้านคุณภาพแต่เครื่องจักรก็เสียบ่อยและเครื่องจักรก็ยัง เดินไม่เต็มกำลังแต่เป็นที่น่าสังเกตว่า OEE ก็ยังสูงกว่าการผลิต A ทั้งนี้เป็นเพราะตัวประกอบที่ต่ำสุด เป็นตัวการลดค่า OEE ให้ต่ำลง

ดังนั้นในการปรับปรุง OEE จึงควรปรับปรุงตัวประกอบที่มีค่าต่ำสุดก่อนเพราะมีผลมากที่สุดในการทำให้ค่า OEE เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นการทำที่ง่ายกว่าการทำให้ตัวแปรที่มีค่าสูงอยู่แล้วให้มีค่าสูงไปอีก (ประจวบ นานาผล, 2555)

2.1.6 การย้อมสี

การย้อมสีธรรมชาติเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดต่อจากรุ่นสู่รุ่น ปัจจุบันกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการมุ่งเน้นให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศวิทยาของโลก รวมถึงการตื่นตัวเนื่องจากอันตรายที่เกิดจากการใช้สังเคราะห์ในงานย้อมสีทอทำให้การย้อมสีธรรมชาติ ได้รับความสนใจและมีการส่งเสริมให้เกิดการฟื้นฟูภูมิปัญญาการย้อมสีธรรมชาติที่ไม่เป็นพิษ และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม สีย้อมธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติเช่น จากพืช จากสัตว์หรือแร่ธาตุต่าง ๆ เพื่อนำมาสร้างสีสันทักกับเส้นใยธรรมชาติเฉดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติเหล่านี้มีความสวยงามเฉพาะตัวแตกต่างจากสีที่จัดจานของสีย้อมเคมีหรือ สีสังเคราะห์

การย้อมสีธรรมชาติในประเทศไทยมีทั้งที่เป็นงานหัตถกรรมทำขึ้นเพื่อไว้ใช้กันเองภายในครอบครัว และทั้งแบบที่เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน และอุตสาหกรรมในครัวเรือน และอุตสาหกรรมขนาดย่อมส่งไปขายทั้งในและนอกประเทศ การย้อมสีธรรมชาติในภาคเหนือของประเทศไทยมีทั้งที่เป็นงานหัตถกรรม ทำขึ้นเพื่อไว้ใช้กันเองภายในครัวเรือน และทั้งแบบที่เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดย่อมส่งไปขายทั้งในและนอกประเทศ ในภาคเหนือจะนิยมย้อมสีธรรมชาติกับผ้าฝ้ายทอ

มือ ภาคอีสานจะมีการย้อมทั้งผ้าไหมและผ้าฝ้ายเพื่อใช้ในชีวิตประจำวันเป็นเครื่องนุ่งห่ม หรือตัวเย็บเป็นเสื้อผ้าหรือของใช้ในครัวเรือน และของประดับตกแต่งบ้าน เป็นต้น

การย้อมสีธรรมชาติจากพืชแต่ละชนิดจะให้เฉดสีที่แตกต่างกัน เช่น การย้อมสีจากต้นคราม หรือต้นหอมเพื่อให้ได้สีครามเข้ม การย้อมสีด้วยครั่งเพื่อให้ได้สีแดง การย้อมสีด้วยเปลือกเพกาหรือ มะลิดไม้เพื่อให้ได้สีเขียว การย้อมสีดำจากผลมะเกลือให้ได้สีเทาดำ และยังใช้เป็นสีรองพื้นก่อนย้อม เพื่อทำให้สีติดดี และได้ผ้าย้อมที่มีความคงทนต่อการซักล้างและต่อแสงแดด

กระบวนการย้อมสีธรรมชาติคือการย้อมเส้นด้ายด้วยน้ำย้อมที่ได้จากธรรมชาติ สามารถแบ่งโดยอุณหภูมิที่ใช้ในการย้อมเป็นเกณฑ์ได้ 2 ประเภทคือ การย้อมเย็น หรือ การหมักย้อม เป็นการย้อมที่ใช้การแช่หมักเส้นด้ายในน้ำย้อมที่สภาวะอุณหภูมิปกติคือไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เช่น การย้อมคราม ห้อมดินแดง ดินโคลน และมะเกลือ การย้อมร้อนเป็นการย้อมที่ขณะย้อมต้องใช้อุณหภูมิสูงเกินกว่า 50 องศาเซลเซียส จะใช้กับการย้อมสีธรรมชาติจากส่วนต่าง ๆ ของพืชและการย้อมครั้ง

2.1.6.1 วัตถุดิบที่ใช้เป็นสีธรรมชาติ

เฉดสีแดง	ได้จากพืช ได้แก่ ใบส้มป่อย ใบชมพู เปลือกประดู่ ผลกล้วย
เฉดชมพู	ได้จากพืชได้แก่ ใบมังคุด (ล้างด้วยน้ำขี้เถ้า) ยอดสัก
เฉดสีชมพู-ส้ม	ได้จากพืชได้แก่ ไม้ฝาง รากยอ
เฉดสีส้ม	ได้จากพืชได้แก่ ใบมังคุด (ล้างด้วยน้ำขี้เถ้า) ผลคางา
เฉดสีเขียว	ได้จากพืชได้แก่ ใบสมอ ใบมะม่วงเขียวเสวย ใบสะเดา ใบตีนกา เปลือกเพกา ใบยูคาลิปตัส ใบสาบเสือ ใบจามจุรี ใบหญ้าหวาน
เฉดสีเหลือง	ได้จากพืชได้แก่ แก่นขนุน ขมิ้นชัน รากยอ มะกาย ผลคางา
เฉดสีเขียว-น้ำตาล	ได้จากพืชได้แก่ ใบตะขบ ใบมะยม ใบมะขาม ใบนนทรี
เฉดน้ำเงิน	ใบทุกลาง เปลือกลูกเหม็นยง เปลือกลูกแดง เปลือกต้นพฤษ
เฉดสีคราม	ได้จากพืชได้แก่ ใบคราม
เฉดสีครีม	ได้จากพืชได้แก่ เปลือกต้นมะขามเทศ
เฉดสีเทา	ได้จากพืชได้แก่ ผลสะตอ เปลือกเงาะ ผลมะพร้าว ผลมะละกอ
เฉดสีดำ	ได้จากพืชได้แก่ ผลมะเกลือ เหง้ากล้วย เปลือกมะพร้าวเปลือกเงาะ (ล้างด้วยน้ำสนิม) (ณภัทร ยศยิ่งยง, 2557)

2.1.6.2 สารช่วยย้อม

พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมใช้เส้นใยธรรมชาติ มีการติดสีและคงทนต่อการขัดถู หรือแสงไม่เท่ากัน อยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อมจึงมีการใช้สารประกอบต่าง ๆ มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นใยดูดซับสีให้สีเกาะเส้นใยได้แน่นขึ้น มีความทนทานต่อแสงและการขัดถูเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า สารช่วยย้อม และสารช่วยให้สีติด สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นตัวจับย้อมสี และการติดสีเพิ่มในเส้นใยแล้วยังช่วยเปลี่ยนเฉดสีให้เข้ม จาง หรือสดใส สว่างขึ้น

สารช่วยย้อมหรือสารกระตุ้นสี เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้น และเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม ในสมัยโบราณจะใช้น้ำมูลหรือปัสสาวะลงไปจนถึงย้อม ปัจจุบันมีการใช้สารที่ได้จากทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติดังนี้

1) สารช่วยย้อมเคมี (มอร์แดนต์) หมายถึง วัตถุธาตุที่ใช้ผสมสีเพื่อให้ติดแน่นกับผ้าที่ย้อมส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สำหรับมอร์แดนต์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการย้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นสารเคมีเกรดการค้าซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน มีวิธีใช้งานที่สะดวก โดยการชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อง่ายจากร้านค้าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดนต์ที่ใช้กันทั่วไปคือ

- สารส้ม (มอร์แดนต์อลูมิเนียม) จะช่วยจับย้อมสีกับเส้นด้ายและช่วยให้สีสดใสยิ่งขึ้น มักใช้กับการย้อมสีน้ำตาบ เหลือง เขียว

- จุนสี (มอร์แดนต์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มข้นขึ้น ใช้กับการย้อมสีเขียว น้ำตาล ข้อมแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดนต์ทองแดงคือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้างของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการย้อมได้

- เฟอร์รัสซัลเฟต (มอร์แดนต์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดเส้นด้าย และช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทนเทา ดำ ซึ่งมอร์แดนต์เหล็กมีข้อดีคือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไป เพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย

2) สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนต์ธรรมชาติ) หมายถึงสารประกอบน้ำหมักธรรมชาติที่ช่วยในการย้อมสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น

- ปูนใส ได้จากปูนขาว ที่ใช้กินหมากหรือจากปูนจากการเผาเปลือกหอย โดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จะได้น้ำปูนใสมาใช้ในการช่วยย้อมสี

- น้ำค้างหรือน้ำขี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่นส่วนต่าง ๆ ของกล้วย ต้มผักขม เปลือกของผลนุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ขี้เถ้าสด ๆ มาผึ่งแดดให้หมาดจากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างน้ำที่มีอยู่ กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4-5 ชั่วโมง ขี้เถ้าจะตกตะกอน นำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน

- กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่นน้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อยน้ำ มะขามเปียก
- น้ำบาดาลหรือน้ำสนิมเหล็ก จะใช้น้ำบาดาลที่เป็นสนิม หรือน้ำเหล็ก ไปเผาไฟให้แดงแล้วแช่น้ำ ทิ้งไว้ 3 วันจึงนำสนิมมาใช้ น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มข้นให้เฉดสีเทา ดำ เหมือนมอร์แดนต์เหล็ก แต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

- น้ำโคลน เตรียมจากโคลนใต้สระหรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปี ใช้ดินโคลนมา ละลายในน้ำเปล่า จะช่วยให้สีเข้มข้น หรือโทนสีเทา ดำ เช่นเดียวกับน้ำสนิม (ณภัทร ยศยิ่งยง, 2557)

การติดสีบนผ้าของเส้นใยเซลลูโลส กระบวนการย้อมสีคือการทำให้โมเลกุลของสีซึมกระจายเข้าไปในเส้นใย โมเลกุลของสีนั้นก็ดูดติดเส้นใย ลักษณะสำคัญของกระบวนการย้อมคือ ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบลิโคว น้ำ และเส้นใยเซลลูโลสแต่ต้องพิจารณาคุณลักษณะเฉพาะบางประการของ ตัวสีที่ทำให้กระบวนการย้อมแบบนี้แตกต่างกับกระบวนการย้อมแบบอื่นกลไกการย้อมสี แบ่งได้เป็น 5 รูปแบบ คือ

1. กลไกการย้อมสีแบบการดูดซับทางกายภาพ
2. กลไกการย้อมสีแบบการละลายในสถานะของแข็ง
3. กลไกการย้อมแบบการรวมกลุ่มของสีที่ไม่ละลายในโพรงเส้นใย
4. กลไกการย้อมแบบเกิดพันธะไฮออนิก
5. กลไกการย้อมแบบเกิดพันธะโควาเลนต์ (พรพินา ปรีชา, 2552)

2.1.6.3 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสีย้อมกับเส้นใย

สีย้อมย้อมได้ดีเมื่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสีกับเส้นใยมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับสี คุณสมบัติเช่นนี้เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของสีมีหมู่อะตอมที่เรียงตัวกันในลักษณะที่ทำให้ภาวะดูดติด (Substantivity) กับเส้นใยแล้วเกิดพันธะยึดติดกันแน่นพันธะที่ทำให้สีย้อมติดกับเส้นใยได้แบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่

- 1) พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond)
- 2) แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van de Waals Forces)
- 3) แรงไอออนิก (Ionic Forces)
- 4) พันธะโคเวเลนต์ (Covalent Bond)

กำลังแรงเหล่านี้จะไม่มีหน้าที่เพียงลำพัง จะมีอย่างน้อย 2 ชนิดขึ้นไป บางครั้งก็พบพร้อมกันทั้ง 4 ชนิด จึงจะทำให้สีกับเส้นใยรวมตัวกันได้แก่

1) พันธะไฮโดรเจน คือ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากไฮโดรเจนอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์ กับอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง ๆ และมีขนาดเล็ก ได้แก่ F O และ N แล้วเกิดพันธะโคเวเลนต์มีขั้วชนิดมีสภาพขั้วแรงมาก ทั้งนี้เนื่องจากพันธะที่เกิดขึ้นนี้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะจะถูกดึงเข้ามาใกล้อะตอมของธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง มากกว่าทางด้านอะตอมของไฮโดรเจนมาก และอะตอมของธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง ยังมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจึงเกิดการดึงดูดกันระหว่างอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวกับอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีอำนาจไฟฟ้าบวกสูงของอีกโมเลกุลหนึ่ง ทำให้เกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน

2) แรงแวนเดอร์วาลส์ หมายถึงแรงที่ทำให้อะตอมและโมเลกุลเข้ามายึดติดกันเนื่องจากไม่อยู่นิ่งของอิเล็กตรอนในโมเลกุลสามารถเกิดกับสารที่มีประจุเป็นกลางได้ และโมเลกุลอาจมีการกระจายตัวของอิเล็กตรอนที่มีสมดุลกันทำให้เกิดเป็นแหล่งที่มีประจุตรงข้ามและเกิดแรงดึงดูดกับโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงกันมาก กำลังของแรงดึงดูดประเภทนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สัมผัสกับโมเลกุลดังนั้นถ้าโมเลกุลมีขนาดใหญ่กำลังของแรงดึงดูดประเภทนี้จะมากด้วย

3) แรงไอออนิก หมายถึง พันธะระหว่างอะตอมที่อยู่ในสภาพไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามกัน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 11 ตัว หรือมากกว่า จากอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง เพื่อให้จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบออกเตต ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของโลหะกับอโลหะ โดยที่โลหะเป็นฝ่ายจ่ายอิเล็กตรอนในระดับพลังงานชั้นนอกสุดให้กับอโลหะ

เนื่องจากโลหะมีค่าพลังงานไอออนไนเซชันต่ำ และอโลหะมีค่าพลังงานไอออนไนเซชันสูงดังนั้นพันธะ ไอออนิกจึงเกิดขึ้นระหว่างโลหะกับอโลหะได้ดี กล่าวคืออะตอมของโลหะให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนแก่ อโลหะแล้วเกิดเป็นไอออนบวกและไอออนลบของอโลหะ เพื่อให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็นแปด แบบแก๊สเฉื่อย ส่วนไอออนบวกกับไอออนลบจึงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าต่างกันเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก

4) พันธะโคเวเลนต์ หมายถึง เป็นแรงดึงดูดที่ทำให้สีย้อมสามารถยึดติดกับเส้นใยได้แน่นยิ่งกว่าการยึดติดใด ๆ ที่กล่าวมาแล้วทั้งสิ้นทำให้แยกตัวออกจากกันได้ยาก การเกาะติดในลักษณะในลักษณะนี้จะเกิดในกรณีที่สีย้อมเส้นใยเซลลูโลสด้วยสีย้อมฟีนอลิก โดยโมเลกุลของสีย้อมจะประกอบด้วยกลุ่มเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยาซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงกับเส้นใยเซลลูโลสโดยการเกิดพันธะโคเวเลนต์กับกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) ของเส้นใยเนื่องจากความคงทนต่อการซักสูงมาก (พรพินาปริชา, 2552)

2.1.6.4 อิทธิพลที่สำคัญที่ทำให้สีดูดซึมเข้าไปในเส้นใย

1) อิทธิพลของการดูดติด

โครงการสร้างของสีย้อมจะเป็นตัวกำหนดความสามารถของสีในการดูดติดเส้นใย ซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะของสีแต่ละตัว ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ด้วยกระบวนการย้อม การเลือกตัวสีซึ่งมีความสามารถดูดติดเส้นใยต่ำมาใช้ สีตัวนี้ไฮโดรไลซ์ได้ในน้ำ ซึ่งถ้าไฮโดรไลซ์มากสีเหล่านี้จะซึมผ่านเข้าไปในเส้นใยได้มากแต่มีทำให้ปฏิกิริยากับเส้นใย ทำให้เส้นใยที่ย้อมได้มีสีตกได้ง่าย เมื่อผ่านการซักล้างและไม่คงทนต่อการขัดถู

2) อิทธิพลของอุณหภูมิ

ในกระบวนการย้อมทุกวิธี การดูดซึมสีจนได้สมดุลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ ลดลงแต่ในทางปฏิบัติบางครั้งพบว่า ถ้าอุณหภูมิลดลงการดูดซึมสีก็ลดลงด้วย ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิต่ำสีจะดูดซึมกระจายเข้าไปภายในเส้นใยได้เร็ว ดังนั้น จะย้อมให้ได้สมดุลได้เร็วที่อุณหภูมิปกติที่พีเอช 10.3 หรือสูงกว่านี้ สิริแอคทีฟจะทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้ดีภายในเวลาไม่ถึงชั่วโมง สิริแอคทีฟจึงควรย้อมที่อุณหภูมิต่ำเสียก่อน แล้วทำให้น้ำย้อมร้อนขึ้นช้า ๆ เพื่อให้สีดูดซึมเข้าไปได้มากขึ้น

3) อิทธิพลของปริมาณอิเล็กโทรไลต์

ปริมาณอิเล็กโทรไลต์จะมีผลต่อปริมาณการดูดซึมของน้ำย้อม กล่าวคือ เมื่อ อิเล็กโทรไลต์มากขึ้นเท่าไร น้ำสีก็จะดูดซึมเข้าไปในเส้นใยมากขึ้นเท่านั้น

4) อิทธิพลของค่า pH

การเพิ่มความเข้มข้นในน้ำย้อมจะทำให้ปฏิกิริยาในการย้อมเกิดได้ดีขึ้น แต่ ถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจนกระทั่งพีเอชสูงกว่า 11 จะทำให้การดูดซึมของสีลดลง และจะลดลงมากขึ้นทุกทีเมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้น ทำให้สีติดน้อย

5) อิทธิพลของเส้นใย

เซลลูโลสต่างชนิดกันจะดูดซึมสีได้ไม่เท่ากันเนื่องจากมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน วิสคอสเรยอน สามารถดูดซึมสีได้มากที่สุด และ ฝ้ายสามารถดูดซึมสีได้น้อยที่สุด (อรรถพรพล ต้นไทย, ม.ป.ป)

2.1.6.5 กลไกการดูดติด

การดูดติดเป็นกระบวนการที่ทำให้สารละลาย หรือสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กมา เกาะจับ หรือ ติดบนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง การดูดติดนี้จะเป็นการดูดติดแบบระหว่างสถานะ ต่าง ๆ ทั้งสามสถานะ คือ ของเหลว ก๊าซ และ ของแข็ง ซึ่งมีได้ทั้งแบบ ของเหลว-ของเหลว ก๊าซ-ของเหลว ก๊าซ-ของแข็ง และ ของเหลว-ของแข็ง โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงแบบของเหลว-ของแข็ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ติดที่ผิวของแข็งนี้เรียกว่า สารถูกดูดติด ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็น เกาะจับของสารที่ถูกติดเรียกว่า สารดูดติด (Adsorbent)

สำหรับการดูดติดหรือการเคลื่อนย้ายสารจากของเหลวมายังผิวของของแข็งเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1) Lyophobic of Solution คือ การที่ตัวถูกละลายไม่ชอบอยู่ในของเหลว ในกรณีที่เป็นน้ำเราจะเรียกว่า ไฮโดรโฟบิก สารไฮโดรโฟบิกซึ่งไม่ชอบละลายอยู่ในน้ำนี้ จะพยายามพาตัวเองเข้าสู่ชั้นที่อยู่ระหว่างน้ำกับของแข็ง และดูดติดที่ผิวของแข็งในที่สุด

2) High Affinity of Solution to Solid คือ ความชอบของตัวถูกละลายที่จะ เกาะติดที่ผิวของสารดูดติด โดยอาศัยแรงผลั 3 ประการ ดังนี้

- แรงดึงดูดทางไฟฟ้า จะมีลักษณะเป็นการแลกเปลี่ยนไอออนโดยไอออน จะมีประจุอยู่ซึ่งสามารถที่จะไปแลกเปลี่ยนกับโมเลกุลของสารอื่นได้

- แรงแวนเดอร์วาลส์ จะมีลักษณะเป็นการดึงดูดทางกายภาพโดยตัวถูกละลายสามารถที่จะติดได้อย่างอิสระ และเคลื่อนที่ได้ในระหว่างพื้นผิว บางครั้งเรียกว่าการดูดติดทาง อุณหเคมี การดูดติดแบบนี้จะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิปฏิกิริยาสามารถย้อนกลับได้หรือสามารถคายสารได้

- แรงทางเคมี มีลักษณะคือ สารที่ถูกติดจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารดูด ติด การติดจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูง ซึ่งการดูดติดในลักษณะนี้พวกสารถูกดูดติดจะติดอยู่เฉพาะที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในระหว่างพื้นผิว และเป็นได้เฉพาะการดูดติดแบบขั้นเดียวเท่านั้น

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง การดูดติดจะเกิดขึ้นพร้อมทั้ง 3 กรณี และยากที่จะแยกได้ว่าการ ดูดติดที่เกิดขึ้นอยู่ในลักษณะใด (อรรถรพล ต้นไทย, ม.ป.ป)

2.1.7 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพืช

2.1.7.1 สน



รูปที่ 1 ต้นสน

ที่มา : <https://th.tripadvisor.com>

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pinus kesiya* Royle ex Gordon

ชื่อวงศ์ : สนเขา PINACEAE

ชื่อสกุลไม้ : สน *Pinus* L.

ชื่อสามัญ : Kesiya pine, Khasya pine

ชื่อพื้นเมือง : เกี๋ยงเปลือกแดง (ภาคเหนือ) , เกี๋ยงเปลือกบาง(เชียงใหม่), จ้วง (ภาคเหนือ

และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ), เชียงบั้ง (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน), แปก (ฉานแม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์),สนเขา (ภาคกลาง)

ลักษณะพฤกษศาสตร์

ไม้สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) เป็นพันธุ์ไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบหรือมีใบเขียวอยู่ตลอดปีและมีลำต้นขนาดใหญ่ อยู่ในวงศ์ Pinaceae อันดับ Coniferales ที่ขึ้นอยู่ในป่าธรรมชาติของประเทศไทย ไม้สนอีกชนิดหนึ่งที่พบในป่าธรรมชาติคือ สนสองใบ (*Pinus merkusi* Jungh. & de Vriese) แต่ไม่นิยมนำมาปลูกเป็นสวนป่า ทั้งนี้เนื่องจากมีระยะพักตัวที่เป็น grass stage นานถึง 5 ปี

ไม้สนสามใบเมื่ออายุน้อยจะมีเรือนยอดเป็นรูปปิรามิด แต่เมื่อเติบโตขึ้นเรือนยอดจะมีลักษณะ คล้ายรูปร่ม อาจมีความสูงถึง 45 เมตร มีเปลือกที่หนาและมีสีแดง เปลือกภายนอกที่ตายจะแตกหลุดออกเป็นเกล็ดหรือแผ่น ใบสนสามใบเป็นใบเดี่ยวรูปร่างเป็นเส้นยาวคล้ายเส้นผม รวมอยู่เป็นกระจุก กระจุกละ 3 เส้น ยาว

ประมาณ 12-25 ซม. มีความหนา 0.5-1.0 มม. แต่ละใบมีต่อม้ำมัน 3-5 ท่อ บริเวณโคนใบ จะมีเยื่อหุ้มสีน้ำตาลเทาหุ้มอยู่ (คณิต 2542)

พบว่าการกระจายพันธุ์ของไม้สนชนิดนี้เป็นบริเวณกว้างระหว่างเส้น 12° N-30° N ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศอินเดีย จีน พม่า ไทย ลาว เวียดนามและฟิลิปปินส์ ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 50-2,900 เมตร (คณิต 2542) สำหรับภาคเหนือของประเทศไทยนั้นพบไม้สนสามใบ ที่ระดับความสูง 800-1,700 เมตร แต่พบมากที่ระดับความสูง 1,000-1,600 เมตร โดยจะพบไม้สน สามใบขึ้นผสมกับพันธุ์ไม้ป่าเต็งรังและไม้สนสองใบที่ระดับความสูง 800-1,300 เมตร และพบไม้สนสาม ใบขึ้นผสมกับพันธุ์ไม้ป่าดิบเขาที่ระดับความสูง 1,000-1,700 เมตร (Khamyong et al., 2001)

2.1.7.2 ยูคาลิปตัส



รูปที่ 2 ยูคาลิปตัส

ที่มา : <https://sites.google.com>

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

ชื่อวงศ์ MYRTACEAE

ชื่อพื้นเมือง River red gum, red gum, Murray red gum, river gum.

สำนักส่งเสริมการปลูกป่ากรมป่าไม้ (2556)

ลักษณะทั่วไป

ลำต้น เป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูง 24-26 เมตร และอาจ สูงถึง 50 เมตร ความโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 เมตร หรืออาจโต มากกว่านี้รูปทรงสูง เปลาตรง มีกิ่งก้านน้อย ใบ เป็นคู่ตรงข้ามเรียงสลับกัน ลักษณะใบเป็นรูปหอก มีขนาด 2.5 -12 x 0.3-0.8 นิ้ว ก้านใบยาว ใบสีเขียวอ่อน ทั้งสองด้าน บางครั้งมีสีเทาใบบาง ห้อยลง เส้นใบมองเห็นได้ชัด

เปลือก มีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับสีขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตก ร่อนเป็นแผ่นหลุดออกจากผิวของลำต้น เมื่อแห้งและลอกออก ได้ง่าย ในขณะที่หลังจากการตัดฟัน เปลือก นอกหนาประมาณ 1/2 เซนติเมตร เมล็ด ขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร สีเหลือง เมล็ด 1 กิโลกรัม มีเมล็ด ประมาณ 1-200,000 เมล็ด

ลักษณะเนื้อไม้ มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน กระพี้และแก่นสีแตกต่างกันได้ชัด ไม้ยูคา ลิปต์สคามาลดูเลนซิส ที่มีอายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลแดง เข้มกว่าไม้อายุน้อยเนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เส้นสน (interlocked grain) บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้มีความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.6 - 0.9 ในสภาพแห้งแล้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของไม้ เนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟันตามแนวยาว ขนานลำต้นแต่ถ้าทำให้ถูกหลักวิธีก็สามารถนำมาเลื่อยทำเครื่องเรือนและก่อสร้างได้

ใบยูคาลิปตัส ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับเป็นคู่ ใบห้อยลง ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ปลายใบแหลม ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2-7 เซนติเมตรและยาวประมาณ 12-30 เซนติเมตร แผ่นใบหนาเป็นสีเขียวอมสีน้ำตาล มีผกคล้ายแป้งปกคลุม เส้นใบมองเห็นได้ชัดเจน ก้านใบสั้น ก้านใบยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

2.1.7.3 แมคคาเดเมีย



รูปที่ 3 แมคคาเดเมีย

ที่มา : <https://puechkaset.com>

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Macadamia integrifolia*

อยู่ในวงศ์ : Proteaceae

แมคคาเดเมีย (*Macadamia*) เป็นพืชยืนต้น ลำต้นเดี่ยว แตกกิ่งก้านมีทรงพุ่ม เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามกัน ใบมีลักษณะทรงยาวรี ขอบใบหยัก มีสีเขียว ดอกออกเป็นช่อ อยู่เป็นพวงยาว ดอกมีลักษณะทรงกลมเล็กๆ กลีบดอกจะมีสีเหลืองนวล มีก้านช่อดอกสั้น ออกที่ปลายกิ่ง ผลเป็นผลเดี่ยว อยู่เป็นพวงยาว มีลักษณะทรงกลม มีจุดแหลมตรงปลายผล ผลแก่สีน้ำตาลเปลือกแตกออก มีเมล็ดมีเปลือกหนาแข็ง มีสีน้ำตาล ภายในมีเมล็ดอยู่ มีลักษณะทรงกลม มีเยื่อบางมีสีน้ำตาลหุ้มเมล็ดอยู่ ข้างในมีเนื้อมีสีขาวนวล มีรสชาติมัน ใช้รับประทาน หรือนำมาสกัดน้ำมัน ประกอบอาหารเมนูต่างๆ ได้หลายเมนู

ลำต้น เป็นพืชยืนต้น มีลำต้นเดี่ยว แตกกิ่งก้านมีทรงพุ่ม ลำต้นมีลักษณะกลมๆเป็นไม้เนื้อแข็ง มีเปลือกหนาแข็งมีสีน้ำตาล

ราก มีระบบรากแก้ว แทงลึกลงในดิน มีลักษณะทรงกลม มีรากแขนงแตกฝอยเล็กๆ ออกมาจากรากแก้ว มีสีน้ำตาล

ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามกัน ใบมีลักษณะทรงยาวรี ขอบใบหยัก มีก้านใบรองรับ มีขนอ่อนๆปกคลุม มีสีเขียว

ดอก ออกเป็นช่อ อยู่เป็นพวงยาว ดอกมีลักษณะทรงกลมเล็กๆ กลีบดอกจะมีสีเหลืองนวล มีก้านช่อดอกสั้น ออกที่ซอกใบ ตามกิ่งก้าน

ผล เป็นผลเดี่ยว อยู่เป็นพวง มีลักษณะทรงกลม มีจุดแหลมตรงปลายผล ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่สีน้ำตาลเปลือกแตกออก มีเมล็ดมีเปลือกหนาแข็ง มีสีน้ำตาล

เมล็ด มีเปลือกหนาแข็ง มีสีน้ำตาล ภายในมีเมล็ดอยู่ มีลักษณะทรงกลมมีเยื่อบางมีสีน้ำตาลหุ้มเมล็ดอยู่ ข้างในมีเนื้อสีขาวนวล มีรสชาติมัน

2.1.8 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆของพืช เช่น ดอก ใบ ผล ลำต้น ซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิดนั้นๆ น้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติ ที่เด่นชัดแตกต่างกันไป น้ำมันหอมระเหยจะระเหยออกมารอบๆ ต้นไม้ทำให้มีกลิ่นอบอวลไปทั่ว บาง กลิ่น ช่วยดึงดูดให้แมลงมาช่วยในการผสมพันธุ์พืช บางกลิ่นก็ช่วยป้องกันการรุกรานของศัตรูพืช ซึ่งจะ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชแต่ละชนิด นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหย ยังช่วยเอื้อประโยชน์ให้กับมนุษย์ เพราะมีคุณสมบัติเป็นยาต้านแบคทีเรีย ยาต้านเชื้อราได้ รวมทั้งการบรรเทาอาการ ปวดบวม หรืออักเสบ ป้องกันอาการชัก ช่วยระงับความกังวล ทำให้จิตใจเบิกบานเช่น สาร terpene ใน น้ำมันไพลมีคุณสมบัติคลายกล้ามเนื้อ น้ำมันหอมระเหย จะมีคุณสมบัติระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิที่ปกติ และเป็นของเหลวใสที่ไม่มีสี หรือมีสีอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตามชนิดของพืชที่นำมาสกัด แต่เมื่อน้ำมันหอมระเหย ได้รับความร้อนจะระเหยได้เร็วมากขึ้น ถึงแม้ว่าน้ำมันหอมระเหยจะเป็นน้ำมัน แต่จากการสัมผัสจะไม่เป็นมัน หรือทิ้งคราบไขมันไว้บนกระดาด เหมือนน้ำมันพืช แต่ที่เหมือนน้ำมันทั่วไป คือ น้ำมันหอมระเหยจะไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกับน้ำได้ แต่จะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมันพืชได้ (วารสารคณะวิทยาศาสตร์, 2541)

Calo และคณะ (2015) อธิบายกลไกในการต่อต้านแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยว่า เกิด เนื่องจาก สมบัติในการไม่ชอบน้ำของน้ำมันหอมระเหยและ ส่วนประกอบทำให้น้ำมันหอมระเหยสามารถแทรกตัว เข้าไปคั่นในส่วนของไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์ แบคทีเรียและไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ทำให้ผนังเซลล์ของแบคทีเรียเกิดการซึมผ่านเข้าออกระหว่างสารภายนอกกับภายในเซลล์มากขึ้น และส่งผลให้เซลล์ตายทั้งนี้ น้ำมันหอมระเหยจะออกฤทธิ์ในการต่อต้านแบคทีเรียแกรมบวก เช่น สแตฟฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ลิสทีเรีย โมโนไซโตจีเนส (*Listeria monocytogenes*) และบาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) ได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ เอสเชอริเชียโคไล (*Escherichia coli*) และซัลโมเนลลา (*Salmonella*) เนื่องจากมีโครงสร้างของผนังเซลล์ แตกต่าง กัน โดยแบคทีเรียแกรมลบจะมีโครงสร้างและ ส่วนประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ที่ซับซ้อนกว่า แบคทีเรียแกรมบวก ถึงแม้ว่าจะมีส่วนประกอบ ของไขมันในชั้นเมมเบรนชั้นนอก (outer membrane) มากกว่า และมีความหนาของผนังเซลล์บางกว่าแบคทีเรียแกรมบวก ทำให้แบคทีเรียแกรมลบมีความทนทานต่อการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยและส่วนประกอบได้ มากกว่า Atares และ Chiralt (2016)

2.1.8.1 องค์ประกอบทางเคมี

น้ำมันหอมระเหยเป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนและมีความผันแปรในองค์ประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วก็จะมาจากสารสองกลุ่มคือ เทอร์พีน (กลุ่มสารที่เกิดจากหน่วยสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 5 อะตอม เชื่อมกัน) และฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids) ซึ่งเป็นวงเบนซีนต่อกับคาร์บอน

3 อะตอม น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยเทอร์พีนที่ระเหยได้ หมายถึงว่ามีน้ำหนักโมเลกุลไม่มากเกินไปอันได้แก่ อนุพันธ์เทอร์พีนที่มีคาร์บอน 10 และ 15 อะตอม (monoterpenes และ sesquiterpenes) พบทั้งที่เป็นแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ อีเทอร์ เปอร์ออกไซด์ และฟีนอล

แหล่งที่มาของน้ำมันหอมระเหย (ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ, 2550) น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากส่วนต่างๆของพืช ได้แก่ ดอก ผล เปลือกผล เมล็ด ใบราก ลำต้นใต้ดิน เนื้อไม้หรือเปลือกไม้ โดยพืชเหล่านี้จะมีบริเวณพิเศษซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมสารที่ มีกลิ่นหอม ได้แก่

- 1) เซลล์น้ำมัน (Oil cells) หรือเซลล์เรซิน (Resin cells) พบได้จากพืชวงศ์อบเชย (Lauraceae) พืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) และพืชวงศ์พริกไทย (Piperaceae)
- 2) โพรงเก็บน้ำมัน (Oil cavities) หรือถุงน้ำมัน (Oil sacs) พบได้จากพืชวงศ์ส้ม (Rutaceae) และพืชวงศ์ชมพู (Myrtaceae)
- 3) ช่องเก็บน้ำมัน (Oil canals) หรือช่องเก็บเรซิน (Resin canals) พบได้จากพืชวงศ์ผักชี (Apiaceae/Umbelliferae) และพืชวงศ์สน (Pinaceae)
- 4) ท่อเก็บน้ำมัน (Oil ducts) พบได้จากพืชวงศ์ Asteraceae เช่น คาโมไมล์
- 5) Glandular hairs พบได้จากพืชวงศ์กะเพรา (Lamiaceae)
- 6) Internal hairs พบได้จากพืชวงศ์กล้วยไม้ (Orchidaceae)
- 7) บริเวณเซลล์เนื้อเยื่อต่างๆ รอบพาเรนไคมา (Parenchyma) หรือ Idioblast พบได้จากพืชวงศ์จำปา (Magnoliaceae)

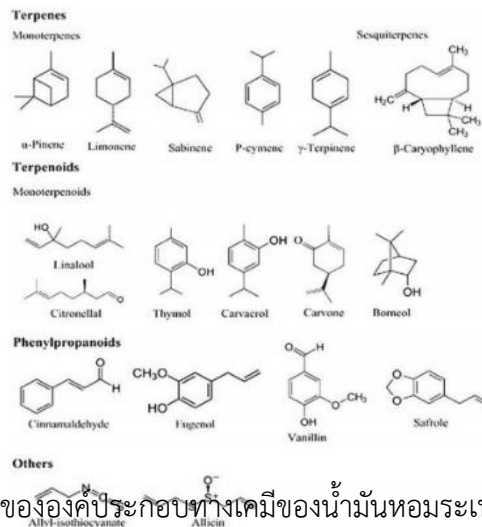
2.1.8.2 ประเภทของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยมีอยู่มากมายหลายชนิด สามารถแยกเป็นกลุ่มของสาร ได้เป็น 7 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะออกฤทธิ์ในการบำบัดที่แตกต่างกันดังนี้

- 1) กลุ่ม alcohols สารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติ ฆ่าเชื้อโรค ต้านเชื้อไวรัส ยกระดับจิตใจ ได้แก่ linalol, citronellol, geraniol, borneol, menthol, nerol, teppineol
- 2) กลุ่ม aldehydes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการระงับประสาท ยกระดับจิตใจ ลดการอักเสบ ลด ความอ้วน ขยายหลอดเลือด และมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค ตัวอย่างได้แก่ cidal, citronellal, neral, geranial
- 3) กลุ่ม esters มีคุณสมบัติระงับประสาท สงบอารมณ์ ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ลดการ อักเสบ และต้านเชื้อราได้แก่ tinalyl acetate, geranyl acetate, bomyl acetate, eugenyl acetate, lavendulyl acetate
- 4) กลุ่ม ketones สาร ketones มีคุณสมบัติช่วยขยายหลอดเลือด ละลายเสมหะ เสริมสร้างเนื้อเยื่อ และลดการอักเสบได้แก่ jasmone, fenchone, camphor, carvone, menthone
- 5) กลุ่ม oxides ในสารกลุ่มนี้ มีคุณสมบัติในการขับเสมหะ ละลายเสมหะที่สำคัญได้แก่ cineol นอกนั้นก็มีส่วนที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และการกระตุ้นระบบประสาทได้แก่ Linalol oxide, ascaridol oxide, bisabolol oxide, bisabolon oxide
- 6) กลุ่ม phenols มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบประสาท และภูมิคุ้มกันของร่างกายได้แก่ eugenol, thymol, earvacrol
- 7) กลุ่ม Terpenes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อและลดการอักเสบ ประกอบด้วย camphene, cadinene, caryophyllene, cedrene, dipentene, phellandrene,

terpinene, sabinene, myCrene สาร sesquiterpenes เช่น chamazulene farnesol มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบ และต้านเชื้อแบคทีเรีย สาร limonene มีคุณสมบัติต้านไวรัส pinene มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ เป็นต้น

โดยปกติน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะมีสารประกอบทางเคมีตั้งแต่ 50-500 ชนิด องค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังที่กล่าวมาแล้วแต่เมื่อมาผสมผสานกันอยู่ มันก็ทำให้เกิด คุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิด ที่มีจุดเด่นแตกต่างกันออกไป (สูตรโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 4)



รูปที่ 4 โครงสร้างขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ (2557)

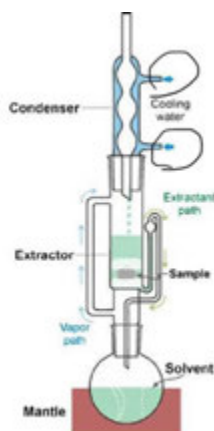
2.1.10.3 สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย

พืชที่มีกลิ่นหอม (aromatic plants) จะมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของสารหอมระเหยหลายสิบจนถึงหลายร้อยชนิดผสมกัน สารหอมระเหยต่างๆ เหล่านี้จะอยู่ในกลุ่มของไฮโดรคาร์บอน เทอร์ปีน (hydrocarbon terpenes) เสสควิเทอร์ปีน (sesquiterpenes) พอลิเทอร์ปีน (polyterpenes) และอนุพันธ์ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxygenated derivatives) สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารเหล่านี้ บางส่วนแสดงใน Figure 1 ส่วนประกอบอื่นๆ ในน้ำมันหอมระเหยจะมีแอลกอฮอล์ กรดชนิดต่างๆ เอสเทอร์ (esters) อีพอกไซด์ (epoxides) อัลดีไฮด์ (aldehydes) คีโตน (ketones) เอมีน (amines) และซัลไฟด์ (sulfides) หน่วยย่อยของโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยคือ ไอโซพรีน (isoprene) มีสูตรโครงสร้างเป็น C_5H_8 สารโมโนเทอร์ปีน (monoterpene) มีสูตรโครงสร้างคือ $C_{10}H_{16}$ ซึ่งประกอบด้วยไอโซพรีนจำนวน 2 หน่วย สารเสสควิเทอร์ปีนจะ ประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม (C_{15}) ทำให้สารเสสควิเทอร์ปีนจะมีจุดเดือดสูงกว่าสารโมโนเทอร์ปีน โดยมีจุดเดือดสูงถึง 250 องศาเซลเซียส สารที่ให้กลิ่นหอมในกลุ่มของเทอร์ปีนมักจะเป็นสารพวกโมโนเทอร์ปีน และเสสควิเทอร์ปีน และสามารถเกิดเป็นอนุพันธ์ที่ทำ ปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ (oxygenated derivatives) สารโมโนเทอร์ปีนมีหลากหลายชนิด เช่น กลุ่มที่เป็นแอลกอฮอล์จะมีสารซิโทรเนลลอล (citronellol) เจอรานีออล (geraniol) และเมนทอล (mentol) กลุ่มที่เป็นสารฟีนอล (phenols) จะมีสารไทมอล (thymol) และยูจีนอล (eugenol) กลุ่มที่เป็นสารออกไซด์จะมีสารซินีออล (cineole) เป็นต้น ทั้งนี้ ความสามารถในการระเหยได้ของสารชนิดต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันหอมระเหยจะลดลงถ้าขนาดโมเลกุลของสารเพิ่มขึ้น ดังนั้น

สารในกลุ่มเสสควิเทอร์ปีนจะระเหยได้น้อยกว่าสารในกลุ่มโมโนเทอร์ปีน และสารที่อยู่ในกลุ่มอนุพันธ์ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะระเหยได้น้อยกว่าสารพวก ไฮโดรคาร์บอน ด้วยเหตุผลนี้ ทำให้สารในกลุ่มเสสควิเทอร์ปีนและกลุ่มอนุพันธ์ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่มีจุดเดือดสูงจึงมีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหยจะสกัดได้จากส่วนต่างๆ ของ พืช เช่น ส่วนของดอก ส่วนของต้นและใบที่มีสีเขียว ส่วนของเปลือกไม้ ส่วนของเนื้อไม้ ส่วนของผลทั้งผล ส่วนของเมล็ด หรือเปลือกของเมล็ด หรือส่วนของราก เป็นต้น ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้รวมถึง ความเข้มข้นและชนิดของสารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับวิธีในการทำ หรือวิธีที่ใช้ในการสกัด (วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 2561)

2.1.9 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช

การสกัดแบบซอกซ์เลท (Soxhlet extraction) เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีกับตัวอย่างที่เป็นผง ละเอียด โดยต้มตัวอย่างให้เดือดแล้วไอของสารละลายจะไปหมุนเวียนไหลผ่านตัวอย่างพืชและพาตัว สารออกมาพร้อมกับตัวทำละลาย ซึ่งวิธีการนี้ใช้ในการแยกสาร ดังเช่น งานวิจัยของ ศจีรา คุปพิทยานันท์ และ ภคินี คุปพิทยานันท์ (2554) ได้นำลำต้นและเหง้าของต้นเอื้องหมายนา หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบให้แห้งเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา เมื่อพืชแห้งสนิทแล้วจึงนำมาบดให้ เป็นผง นำผงดังกล่าวไปเข้ากระบวนการสกัดด้วยเครื่อง Soxhlet extraction โดยใช้เอทานอล เข้มข้นร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลาย ใช้เวลาในการสกัด 12 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปเข้า กระบวนการกลั่นแบบ reflux เพื่อแยกตัวทำละลายที่ผสมอยู่ออกให้หมดด้วยเครื่อง Rotary evaporation กระบวนการสุดท้าย คือการทำให้สารสกัดแห้งเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาสารสำคัญทางเคมีของพืชด้วยวิธี Gas chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)



รูปที่ 5 การสกัดแบบ solid-

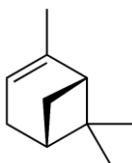
liquid extraction เครื่องมือซอกซ์

เลต

ที่มา : ไพลิน ลิ้มตระกูล , 2546

2.1.9.1 สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน

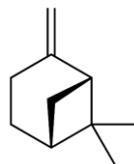
ส่วนประกอบของน้ำมันสนคือโมโนเทอร์ปีนและไฮโดรคาร์บอน sesquiterpene เช่น α -pinene β -pinene, β -phellandrene, ทรานส์ -caryophyllene และ Germacrene D. น้ำมันหอมระเหย 3 เข้มมีการศึกษาสนใจงานวิจัยบางชิ้น 4,5,9 แต่น้ำมันสกัดจากกิ่งอ่อนไม่เคยมีมาก่อนศึกษา ยัง. งานวิจัยนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับแรกในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกิ่งอ่อนของสนสามเข็มที่ปลูกในเวียดนามและของพวกเขาจักรกรรมด้านจุลชีพ



รูปที่ 6

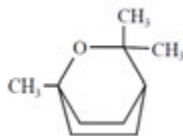
โครงสร้างทางเคมี α -pinene

pinene

ที่มา : <https://upload.wikimedia.org>รูปที่ 7 โครงสร้างทางเคมี β -ที่มา : <https://upload.wikimedia.org>

2.1.9.2 สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

น้ำมันหอมระเหยนั้นสกัดมาจากส่วนของใบต้นยูคาลิปตัส โดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยมีอยู่ประมาณ 1.5 -2.5 g มี 1-8, cineole หรือ Eucalyptol เป็นองค์ประกอบหลักจึงนิยมใช้เป็นแบบสารผสม (complex mixture) เช่น monoterpenes, sesquiterpenes and aromatic phenols (Batish et al., 2008) ในปัจจุบันมีการใช้เพื่อจุดประสงค์ที่หลากหลาย เช่น การใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหอม เครื่องสำอาง น้ำยาบ้วนปาก เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีการศึกษาก่อนหน้าที่กล่าวไว้ว่า น้ำมันยูคาลิปตัสมีฤทธิ์ ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลชีพ เช่น แบคทีเรียหลายชนิด เช่น Mycobacterium tuberculosis หรือสารต้านไวรัส และเชื้อรา เป็นต้น (Sadlon et al., 2010)

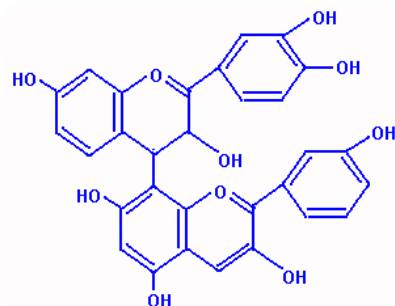


รูปที่ 8 โครงสร้าง Eucalyptol (1,8-cineole, 1,8-epoxy-p-menthane)

ที่มา : European commission (2002)

2.1.9.3 สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกแมคคาเดเมีย

ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกแมคคาเดเมีย สารสกัดที่พบในพืชที่มีลักษณะเปลือกแข็งมักจะพบสารที่สกัดได้ก็คือ แทนนินจากงานวิจัยพบว่าในสารสกัดแทนนินมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ในงานวิจัยในใบฝรั่ง เปลือกมังคุด ขาเขียวใบพลูกระถิน เปลือกกล้วยน้ำว้าและเนื้อ กล้วยน้ำว้า ผลที่ได้ปรากฏว่าใบฝรั่งและเปลือกมังคุดมีปริมาณแทนนินอยู่มาก เป็นการสกัดสารจากใบฝรั่งและเปลือกมังคุดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus , pseudomonas aeruginosa และ Escherichia coli ผลปรากฏว่าทั้งสารสกัดจากใบฝรั่งและเปลือกมังคุดสามารถ ยับยั้งเชื้อ Staphylococcus aureus



รูปที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของแทนนิน

ที่มา : <https://www.siamchemi.com>

2.1.9.4 ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

การเลือกใช้ตัวทำละลาย (อนุชิต, 2545) ในการสกัดจะได้ผลดีหรือไม่อยู่ที่การคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

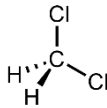
- 1) เป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายสารที่เราต้องการสกัดได้ดี คือ มีค่าการละลายหรือมี ความสามารถในการละลายใกล้เคียงกัน
- 2) เป็นตัวทำละลายที่สามารถชะสารที่ต้องการออกมามากที่สุด และละลายสารที่ไม่ต้อง ต้องการออกมาน้อยที่สุด (selectivity)
- 3) ต้องเป็นตัวทำละลายที่ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
- 4) ตัวทำละลายต้องไม่เป็นพิษ หรือก่อให้เกิดพิษ
- 5) ราคาไม่แพงและสามารถหาได้ง่ายตัว

ทำละลายที่นิยมใช้กันมากในการสกัดสมุนไพร ได้แก่ (อนุชิต, 2545)

- 1) คลอโรฟอร์ม (chloroform) เป็นตัวทำละลายที่ดีแต่มีความจำเพาะน้อย เกิด emulsion ง่าย ถ้าใช้สกัดสาร ซึ่งเป็นต่างแก่ อาจจะสลายให้กรดเกลือ
- 2) อีเธอร์ (ether) มีความสามารถในการละลายน้อยกว่าคลอโรฟอร์ม แต่มีความจำเพาะ ดีกว่า ข้อเสีย คือ ระเหยง่าย ระเบิดง่าย เกิด oxide ได้ง่ายและดูดน้ำได้มาก
- 3) เฮกเซน (hexane) เหมาะสำหรับสารที่ไม่มีขั้ว มักใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับ กำจัด ไขมันจากสมุนไพร ข้อดีคือ ราคาถูก
- 4) แอลกอฮอล์ (alcohol) ที่ใช้มากได้แก่ เมทานอลและเอทานอลจัดเป็นตัวทำละลายชนิด เลือกได้ทั่วไป เนื่องจากมีความสามารถในการละลายกว้างมาก

2.1.9.5 ไดคลอโรมีเทน

ไดคลอโรมีเทนอยู่ในกลุ่ม คลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน เป็นตัวทำละลายที่มีธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยมีกลุ่มคลอรีนอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งเป็นสารที่มีขั้ว (polar) ดังนั้นจึงมีความสามารถในการละลายดีกว่าตัวทำละลายที่ไม่มีคลอรีน ผสม เป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ ได้ แต่ไม่ผสมรวมตัวกับน้ำสามารถละลายสารพวกเรซินต่างๆ โพลีเมอร์ ยาง ไข แอสฟัลท์ และบิทูเมน ถ้ามีคลอรีนมากขึ้นในโครงสร้างจะทำให้ไม่ติดไฟ และเพิ่มความสามารถในการละลาย แต่ก็เป็นการเพิ่มความเป็นพิษมาก ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane, methylene chloride, methylene dichloride) มีสูตรโมเลกุล CH_2Cl_2 น้ำหนัก โมเลกุล 84.94 เป็นของเหลวไม่มีสี



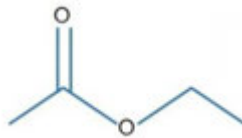
รูปที่ 11 โครงสร้างทางเคมีของไตรคลอโร

โรมีเทน

ที่มา : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/>

2.1.9.6 เอทิลอะซิเตต

เอทิลอะซิเตตเอสเทอร์ คือ เป็นตัวทำละลายที่มีธาตุ คาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยมีกลุ่มเอสเทอร์ (ester group, CO-R) อยู่ในโมเลกุล เป็นสารประกอบที่เป็นกลาง และมีสถานะเสถียรแต่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดหรือด่างเข้มข้นจนระเหยได้ เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) มีสูตร โมเลกุล $C_4H_8O_2$ โครงสร้างทางเคมี $CH_3 - CH_2 - O - CO - CH_3$ น้ำหนักโมเลกุล 88.10 เป็นของเหลวไม่มีสี



รูปที่ 12 โครงสร้างทางเคมีของเอทิลอะซิเตต

ที่มา : <http://ohs.sci.dusit.ac.th/>

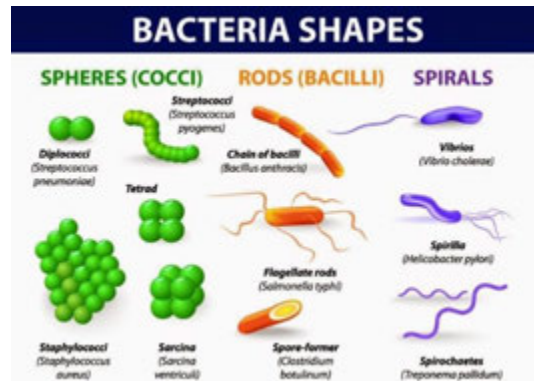
2.1.10 แบคทีเรียและการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย

2.1.10.1 ความหมายของแบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นเซลล์ที่มีชีวิตซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่มีการศึกษากันมา ช่วงขนาดของแบคทีเรียเริ่มตั้งแต่แบคทีเรียที่เล็กพอ ๆ กับไวรัสที่ใหญ่ที่สุด ไปจนถึงเซลล์แบคทีเรียที่ใหญ่ที่สุดที่มีขนาดใหญ่พอที่จะเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งหมายความว่าแบคทีเรียอาจมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ตั้งแต่ 0.1-600 ไมโครเมตร จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียมีความหลากหลายของขนาดอย่างยิ่ง แบคทีเรียที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ *Mycoplasma* แบคทีเรียที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่มีรายงานมาคือ *Epulopiscium fishelsoni*

2.1.10.2 ประเภทของเชื้อแบคทีเรีย

หากแบ่งตามรูปร่าง หลักๆ จะแบ่งได้เป็น แบคทีเรียรูปร่างกลม (Cocci) และแบคทีเรียรูปร่างแท่ง (Bacilli) หากแบ่งตามส่วนประกอบบนผนังและเยื่อหุ้มเซลล์ จะแบ่งเป็น แบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive) และ แบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative) ซึ่งเมื่อย้อมด้วยสีแกรมจะมองเห็นสีแตกต่างกันหากแบ่งตามการใช้ ออกซิเจน จะแบ่งได้เป็น แบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ในการเจริญเติบโต

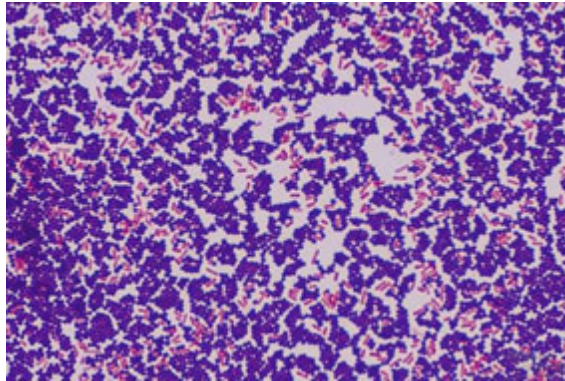


รูปที่ 13 รูปร่างพื้นฐานของแบคทีเรีย
ที่มาภาพ : <http://thainurseclub.blogspot.com>

2.1.10.3 แบคทีเรียที่พบบนผิวหนัง

Escherichia coli O157: H7 (ขวัญจิต, 2550, ภัทรชัย, 2549, อรอนงค์, 2541) เป็นแบคทีเรียแกรมลบเซลล์รูปแท่งขนาดเล็กจัดเรียงตัวอาจอยู่แบบเซลล์เดี่ยวหรืออยู่เป็นคู่มีลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อนสามารถสร้างแคปซูลและสารพิษเคลื่อนที่โดยใช้แฟลกเจลลา (peritrichous flagella) สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนเจริญได้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสไม่พบบ่อยว่าเป็นเชื้อประจำถิ่นหรือเชื้อก่อโรคผิวหนังอย่างไรก็ตามอาจพบการติดเชื้อที่ผิวหนังในบริเวณเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยทั่วไป *E. coli* เป็นเชื้อประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหาร โดยเฉพาะในลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์ *E. coli* สามารถจำแนกออกเป็นสายพันธุ์ต่างๆได้ตามความแตกต่างของ O, H และ K antigen โดย antigen บางตัวมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของเชื้อเช่น O157, O111 H8 และ H7 สายพันธุ์ที่ก่อโรครุนแรงจะมียีนที่อยู่บน virulence plasmid ที่สร้าง fimbriae, adhesins และ exotoxins ทำให้สายพันธุ์ต่างๆ สามารถเกาะกลุ่มบนเนื้อเยื่อของเจ้าบ้านและก่อให้เกิดโรคได้ซึ่ง nikusamid ดังกล่าวสามารถถ่ายทอดระหว่างแบคทีเรียได้ I call สามารถก่อให้เกิดโรคหลายชนิดเช่น septicemia, urinary tract infection (UTI), neonatal meningitis itaz gastroenteritis iuminäugawulziou aunga แบ่งกลุ่ม E cell ที่ก่อให้เกิด gastroenteritis ได้เป็น 5 กลุ่มคือ enteropathogenic *E. coli* (EPEC), enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC), enteroinvasive *E. coli* (EIEC) enteraggregative *E. coli* (EAEC) *E. coli* O157: H7 จัดอยู่ในกลุ่ม enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงที่เรียกว่า haemorrhagic colitis ซึ่งมีอาการท้องร่วงแบบลำไส้อักเสบรุนแรงและมีเลือดออกหรือ hemorrhagic uremic syndrome (HUS) ตรวจพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1982 เป็นสายพันธุ์ที่มีความรุนแรงมากการรับประทานเชืื่อนี้เข้าไปเพียง 10 ตัวก็สามารถก่อให้เกิดโรคได้การระบาดของ *E. coli* O157: H7 ส่วนใหญ่เกิดจากการกินอาหารที่ปรุงไม่สุกจนที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหรือน้ำผลไม้ที่ปนเปื้อนด้วยอุจจาระเชื้อสายพันธุ์นี้จะสร้าง type III secretion system ซึ่งใช้ใช้ฉีดโปรตีน 2 ชนิดคือ Tir และ EspA เข้าไปในเซลล์ลำไส้โดย Tir protein จะรบกวน metabolism ของเซลล์ส่วน Esp-A protein จะติดอยู่บริเวณเยื่อเซลล์และทำหน้าที่เป็น receptors สำหรับให้เชื้อมาเกาะเพิ่มเติมและทำให้เชื้อมีปริมาณมากจนแทนที่สายพันธุ์ที่เป็นเชื้อประจำถิ่นนอกจากนี้ *E. coli* (O157-H7) ยังสร้าง shiga-like toxin (SET) ที่มีคุณสมบัติคล้าย Shiga toxin ของ *Shigella dysenteriae* Type 1 ซึ่งยับยั้งการสร้างโปรตีนของเซลล์เจ้าบ้านและทำลาย microvilli มีผลทำให้ลำไส้ลด

การดูดซึมและเพิ่มการสูญเสียน้ำมากขึ้นขึ้นการให้ยาปฏิชีวนะจะทำให้เชื้อสร้าง shiga-like toxin ออกมา
มากขึ้นและส่งเสริมการเกิดโรค

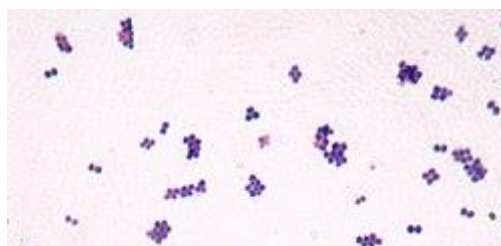


รูปที่ 14 Escherichia

coli (E. coli)

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/vcafe/85920>

2.1.10.4 *Propionibacterium acnes* (ภัทรชัย, 2549; ศิริวุฒิ, 2550) เป็นแบคทีเรียแกรม
บวกมีรูปร่างเป็นแท่งสั้นหรือรูปไข่หัวท้ายโตไม่เท่ากัน (club shape) นอกจากนี้อาจพบเป็นรูปร่างงอ (bifid)
ไม่สร้างสปอร์ไม่เคลื่อนที่เชื้อมีความสามารถทนอากาศได้นานหลายชั่วโมง (aerotolerant anaerobic bacteria)
การเจริญใช้เวลา 5-7 วันโดยเฉพาะสำหรับการเพาะแยกเชื้อครั้งแรก แต่เมื่อเพาะเชื้อครั้งต่อไปการเจริญ
จะเห็นได้ภายใน 3 วันอาหารเพาะเชื้อจำเป็นต้องใช้อาหารพิเศษเพื่อให้เชื้อเจริญรวดเร็วขึ้นและต้องบ่มใน
ภาชนะที่ปราศจากออกซิเจนลักษณะโคโลนีบน blood agar มีลักษณะกลมมนสีขุ่นทึบมันวาวและขอบ
เรียบสามารถใช้กรดแลกติกและน้ำตาลหลายชนิดเป็นแหล่งคาร์บอนซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็น propionic acid,
acetic acid และ CO₂, ปกติ *P. acnes* มักพบอยู่บริเวณผิวหนังรูขุมขนต่อมเหงื่อสามารถใช้กรดไขมันที่หลั่ง
จาก sebaceous gland เป็นแหล่งอาหารซึ่งก่อให้เกิด unsaturated fatty acid เช่น oleic acid ที่
สามารถต้านการเจริญแบคทีเรียแกรมลบและเชื้อราได้อย่างไรก็ตามกรดไขมันที่เป็นผลพลอยได้เหล่านี้มักมี
กลิ่นดังนั้นจึงเป็นเหตุให้น้ำยาระงับกลิ่นตัวส่วนใหญ่สร้างขึ้นมาเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก



รูปที่ 15 รูปร่างแบคทีเรียแกรมบวก
ที่มา : <http://chaleeprom.com>

2.1.10.5 *Pseudomonas aeruginosa* (นิรนาม , 2553 ; ภัทรชัย , 2549; Holt et al., 1994) เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่งเคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาที่อยู่ตรงปลายด้านหนึ่งขอเซลล์ (monotrichous flagella) เจริญในสภาวะที่มีออกซิเจนโคโลนีแบนขอบไม่เรียบสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสพบได้ทั่วไปในธรรมชาติมีกลิ่นเฉพาะตัวส่วนใหญ่มีกลิ่นอับคล้ายดินหรือคล้ายองุ่นสายพันธุ์ที่สร้างแคปซูลมักจะมีลักษณะโคโลนีเป็นเมือกสามารถสร้างรงควัตถุได้คือ (สีเขียวน้ำเงิน), pyoverdinin (สีเหลืองสะท้อนแสง), pyorubin (สีแดง) และ pyomelanin (สีน้ำตาลดำ) เป็นเชื้อฉวยโอกาส (opportunistic pathogen) ก่อโรคในคนที่ที่มีร่างกายอ่อนแอเช่นในผู้ป่วยที่มีระบบภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือผู้ป่วยที่มีโรคเรื้อรังต้องรักษาตัวอยู่ในโรงพยาบาลเป็นเวลานานสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ในหลายระบบเช่นระบบทางเดินปัสสาวะชั้นผิวหนังหรือเยื่อปอดและกระแสโลหิต เป็นต้น



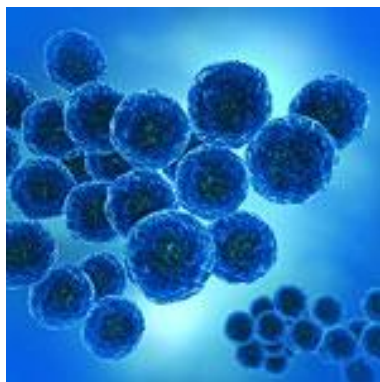
รูปที่ 16 รูปร่างแบคทีเรีย

แกรมลบ

ที่มา : <http://chaleeprom.com>

2.1.10.5 *Staphylococcus hominis* ทั้งสองสายพันธุ์ของ *S. hominis* เป็น cocci ที่ไม่สร้างสปอร์แบบแกรมบวกที่ไม่มีการเคลื่อนไหวและไม่สร้างสปอร์โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0–1.5 ไมโครเมตรโดยเฉลี่ยการจัดเรียงของเซลล์เป็นลักษณะเฉพาะของสปีชีส์ *Staphylococci* ทั้งหมดที่สิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นเดี่ยวหรือในรูปแบบ tetrads และจำนวนคู่ที่น้อยกว่า การจัดเรียงนี้เกิดจากคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตในการแบ่งมากกว่าหนึ่งระนาบเพื่อสร้างกระจุกที่เหมือนกราฟที่ผิดปกติสิ่งเหล่านี้เป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่แสดงการเติบโตที่อ่อนแอและล่าช้าภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งแตกต่างจาก *Staphylococci* coagulase-positive เช่น *S. aureus* , *S. hominis* ไม่มีแคปซูลล้อมรอบผนังเซลล์อย่างไรก็ตามผนังเซลล์ประกอบด้วย peptidoglycan และกรด teichoic ที่มีรูปร่างและการปกป้องเซลล์เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วย bilayer

lipid-protein ซึ่งประกอบด้วย peptidoglycan และโปรตีนอื่นๆ เดียวกับ Staphylococci coagulase-negative อื่นๆ S. hominis ยังมีการยึดเกาะของผนังเซลล์น้อยลงและโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับผนังเซลล์



รูปที่ 17 รูปร่าง

Staphylococcus hominis

ที่มา : <https://www.bode-science-center.com>

2.1.11 การพัฒนาระบบกลไกในการบริหารจัดการงานวิจัย

ระบบ หมายถึง ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่มีการกำหนดอย่างชัดเจนว่าต้องทำอะไรบ้างเพื่อให้ได้ผลออกมาตามต้องการ ขั้นตอนการปฏิบัติงานจะต้องปรากฏให้ทราบโดยทั่วกันไม่ว่าจะอยู่ในรูปเอกสารหรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือโดยวิธีการอื่น ๆ องค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการผลิต และข้อมูลป้อนกลับ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน

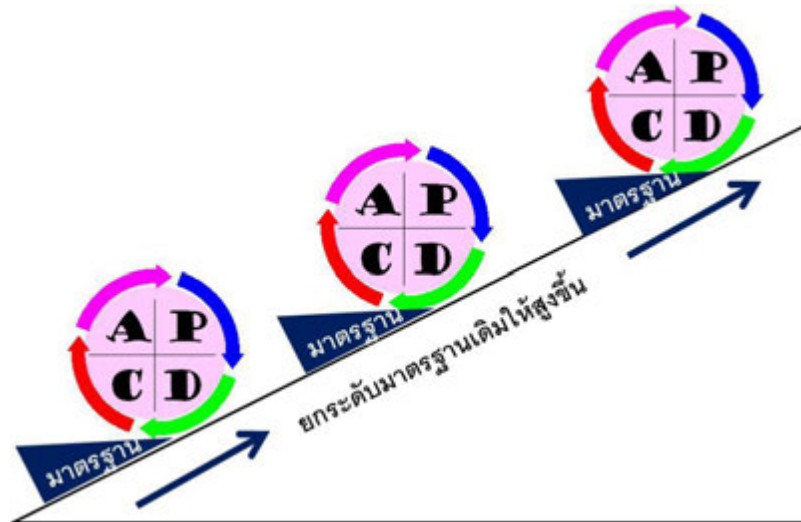
กลไก หมายถึง สิ่งที่ทำให้ระบบมีการขับเคลื่อนหรือดำเนินอยู่ได้ โดยมีการจัดสรรทรัพยากร มีการจัดองค์การ หน่วยงาน หรือกลุ่มบุคคลเป็นผู้ดำเนินงาน

PDCA คือวงจรบริหารสี่ขั้นตอนที่ประกอบไปด้วย Plan (การวางแผน) Do (ปฏิบัติ) Check (ตรวจสอบ) และ Action (การดำเนินการ) วงจรการบริหารงานคุณภาพใช้ในการควบคุมและพัฒนากระบวนการหรือผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง PDCA ทั้งสี่ขั้นตอนเป็นกระบวนการที่สามารถทำซ้ำได้ เพื่อให้องค์กรสามารถบริหารความเปลี่ยนแปลงได้อย่างประสบความสำเร็จ

โครงสร้างของ PDCA ประกอบด้วย

- 1) Plan คือ การวางแผน
- 2) DO คือ การปฏิบัติตามแผน
- 3) Check คือ การตรวจสอบ
- 4) Act คือ การปรับปรุงการดำเนินการอย่างเหมาะสม หรือ การจัดทำมาตรฐานใหม่ ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของการยกระดับคุณภาพ

ทุกครั้งที่การดำเนินงานตามวงจร PDCA หมุนครบรอบ ก็จะเป็นแรงส่งสำหรับการดำเนินงานในรอบต่อไป และก่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงใน รูปที่ 18



รูปที่ 18 แสดง วงจร PDCA กับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
ที่มา : <https://www.ftpi.or.th/2015/2125>

จากหลักการของวงจร PDCA หากพิจารณาเทียบกับหลายๆ เครื่องมือ หรือเทคนิคการปรับปรุงงานต่างๆ ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น เครื่องมือด้านคุณภาพอย่าง QCC เครื่องมือที่ต้องใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูง อย่าง Six Sigma หรือแม้แต่เครื่องมือที่เน้นเรื่องของการจัดการความรู้อย่าง KM พบว่า ล้วนมีพื้นฐานของแนวคิด PDCA ทั้งสิ้น ดังแสดงในรูปที่ 19

QCC		Six Sigma		KM	
QC Story		DMAIC		KM Process	
P	- กำหนดหัวข้อปัญหา - สรุปรวสภาพปัจจุบัน และตั้งเป้าหมาย - วางแผนดำเนินงาน - วิเคราะห์สาเหตุ และกำหนดแนวทางแก้ไข	P	Define - ระบุหัวข้อในการดำเนินงาน Measure - วัดสภาพปัจจุบันของกระบวนการ Analyze - วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยหลักการทางสถิติ เพื่อหาตัวแปรที่เป็นสาเหตุของปัญหา	P	- บ่งชี้ความรู้
D	- ลงมือปฏิบัติการแก้ไข	D	Improve - ปรับปรุง หรือออกแบบกระบวนการใหม่ เพื่อควบคุมตัวแปร ที่เป็นสาเหตุของปัญหา	D	- สร้างและแสวงหาความรู้ - จัดความรู้ให้เป็นระบบ
C	- ติดตามผลการแก้ไข	C	Control - ออกแบบระบบควบคุมกระบวนการ เพื่อให้มั่นใจว่า ตัวแปรที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาได้ถูกควบคุม หรือกำจัดออก ทำให้ปัญหาที่ได้รับการแก้ไขแล้วไม่กลับมาเกิดซ้ำได้อีก	C	- ประมวลและกลั่นกรองความรู้ - เข้าถึงความรู้
A	- ทำให้เป็นมาตรฐาน	A		A	- แบ่งปันแลกเปลี่ยน และเรียนรู้

รูปที่ 19 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของ QCC Six Sigma และ KM เทียบกับ PDCA
ที่มา : <https://www.ftpi.or.th/2015/2125>

2.2 การออกแบบแนวความคิด (Concept design)

จากการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้กับผู้ประกอบการ พบว่าการแก้ไขปัญหากระบวนการการย้อมผ้า เป็นแนวทางที่มีความสำคัญสำหรับผู้ประกอบการในปัจจุบัน เนื่องจากผู้ประกอบการเป็นผู้ประกอบการขนาดเล็ก มีต้นทุนในการผลิตต่ำไม่สามารถแบกรับค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อเครื่องทอผ้าที่มีมูลค่าสูง และมีขนาดใหญ่ได้ แม้ผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการจะมีความต้องการของการตลาดสูง แม้ประสบปัญหาในช่วงสถานการณ์โควิด - 19 จึงไม่พร้อมนำเงินจำนวนมากมาลงทุน ทีมผู้วิจัยจึงได้พัฒนากระบวนการผลิตเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อทดแทนการย้อมโดยการใช้แรงงานคน และการเพิ่มคุณภาพของความคงทนของสีย้อมด้วยการพัฒนาเทคนิคการย้อม และในสถานการณ์โรคระบาดโควิด - 19 จึงเป็นแนวคิดที่จะพัฒนาสารช่วยย้อมต้านแบคทีเรีย เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นถิ่นด้วยการเลือกใช้วัสดุในท้องถิ่นมาสร้างมูลค่าเพิ่ม อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์และใช้ประโยชน์ ซึ่งทางคณะวิจัยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและมาตรฐานการย้อมสีธรรมชาติ

2.2.2 เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารช่วยย้อมผ้าต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารธรรมชาติ

2.2.3 เพื่อพัฒนาระบบกลไกในการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกันของมหาวิทยาลัยราชภัฏ ๒ แห่ง

2.2.4 เพื่อพัฒนาระบบการติดตามและการประเมินผลการบริหารจัดการงานวิจัยร่วมกัน

สำหรับการออกแบบและพัฒนาแนวคิดการออกแบบงานวิจัยดังนี้

- 1) ออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องย้อมผ้ากึ่งอัตโนมัติโดยใช้แขนกล และมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานทดแทนแรงงานคน และใช้เชื้อเพลิงเป็นแก๊สเชื้อเพลิง เนื่องจากสถานประกอบการมีที่ตั้งอยู่บนภูเขา มักมีปัญหาเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าจึงไม่เหมาะกับเครื่องย้อมที่ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน
- 2) การพัฒนากระบวนการย้อมเส้นใยของกลุ่มทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส ตั้งอยู่เลขที่ 16 หมู่ที่ 8 ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย เพื่อเพิ่มความคงทนของสีย้อม ด้วยกระบวนการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมของผู้ประกอบการและทีมผู้วิจัย
- 3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่หาได้ในท้องถิ่น และทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย Staphylococcus ด้วยการนำสารสกัดไปเคลือบบนผ้าเส้นใยกัญชง ใช้ผ้าเส้นใยกัญชงแทน disk ในวิธีการทดสอบ Disk diffusion test

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

ก่อนที่จะสร้างเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติขึ้นมาจะต้องมีการวางแผนผังการดำเนินงานในการออกแบบและการสร้างเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อที่จะได้รู้ว่าสร้างขึ้นมาเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ในการในการสร้างเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติขึ้นมา คณะผู้จัดทำได้มีแนวคิดที่จะประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อลดแรงในการทำงานของคนที่ต้องใช้กำลังในการย้อมผ้า ซึ่งมีแผนผังการดำเนินงานดังนี้

คณะผู้วิจัยทำการศึกษาวัสดุที่จะใช้ในการผลิตเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติและการกำหนดขนาดของเครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตและการออกแบบเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ

สแตนเลส เป็นโลหะที่มีส่วนผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งส่วนประกอบจะมีปริมาณคาร์บอนที่ต่ำกว่า 2% และมีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก ประมาณ 10.5 % หรือมากกว่า ทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์อยู่ที่บริเวณผิวเหล็กจึงมีความทนต่อการกัดกร่อน และไม่ทำให้เกิดสนิม

เหล็กชุบซิงค์ เป็นเหล็กเคลือบสังกะสีโดยกรรมวิธีทางไฟฟ้า มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ต้องการความทนทานต่อการสึกกร่อนมากกว่าเหล็กรีดเย็น ความเรียบและกลมกลื่นของสารเคมีบนผิวแผ่นเหล็กทำให้การเคลือบสีเป็นไปได้ง่าย โดยสังกะสีจะเคลือบลงบนแผ่นเหล็กในลักษณะเป็นไอออนซึ่งจะต่างไปจากวิธีจุ่มร้อนที่เป็นสารละลายของเหลวติดบนแผ่นเหล็ก

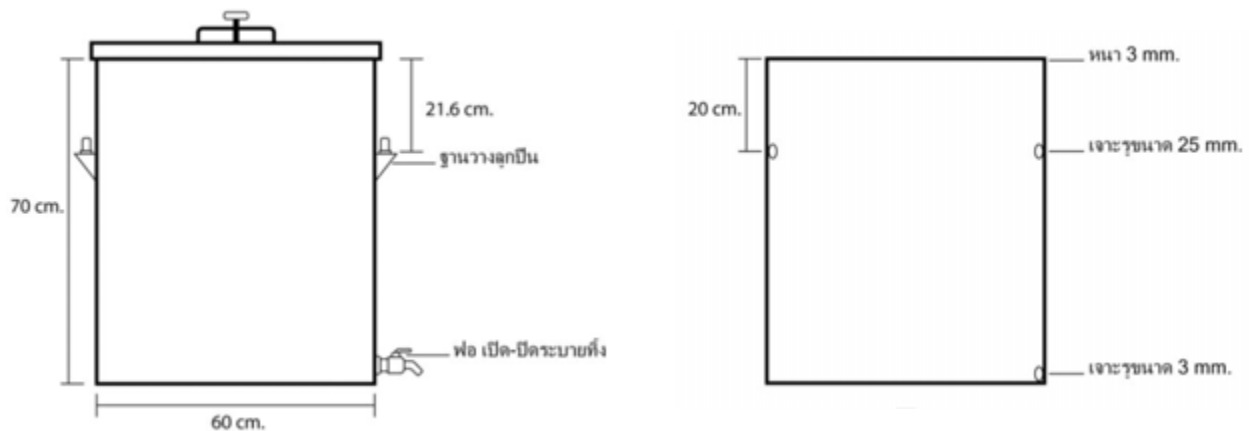
เหล็กกล้าปาวาไนซ์ เป็นการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Hot-Dip Galvanized) โดยจะชุบเหล็กลงไป ในบ่อสังกะสีเหลวที่กำลังหลอมละลายในอุณหภูมิประมาณ 435-455 องศาเซลเซียส ซึ่งสังกะสีจะเคลือบติดกับพื้นผิวเหล็กหนาขึ้นตามระยะเวลาที่แช่ในบ่อ โดยทั่วไปจะมีความหนาของชั้นเคลือบประมาณ 65 – 300 ไมครอน เหล็กกล้าปาวาไนซ์ที่ชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนจะเหมาะสำหรับการใช้งานเป็นส่วนประกอบของอาคารที่อยู่ภายนอกบ้าน ส่วนกลางแจ้ง หรือในบริเวณที่ต้องเจอกับความชื้นเป็นประจำ เพราะว่าเหล็กชุบกล้าปาวาไนซ์สามารถทำความสะอาดพื้นผิวได้ง่าย ทนต่อการกัดกร่อนอย่างน้อย 50 ปี และไม่ต้องบำรุงรักษา

มอเตอร์เกียร์ (AC) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ป้อนไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปเพื่อให้ได้พลังงานกลออกมาเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนชนิดต่าง ๆ โครงสร้างของมอเตอร์คล้ายมอเตอร์กระแสตรง แต่จำนวนเฟสมีทั้ง 1 เฟสและ 3 เฟส มอเตอร์กระแสสลับนิยมใช้งานทุกประเภทตั้งแต่อุปกรณ์ขนาดเล็กไปจนถึงในอุตสาหกรรมทุกประเภท และมอเตอร์เกียร์เป็นรูปแบบหนึ่งของมอเตอร์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานเป็นอย่างมาก เพราะสามารถปรับความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์เกียร์ โดยการปรับส่วนใหญ่มักจะมีหน่วยเป็นรอบต่อ สามารถปรับความเร็วให้มีรอบต่ำและปรับความเร็วสูงให้มีรอบสูงได้โดยเกียร์มอเตอร์นั้นสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งของที่มีขนาดเล็กหรือของที่มีขนาดใหญ่ เพราะเกียร์มอเตอร์มีหลากหลายขนาด และแต่ละขนาดก็มีอัตรารอบการหมุนที่ไม่

เท่ากัน ในการใช้งานผู้ใช้งานจึงต้องคำนวณถึงขนาดและความต้องการในการใช้งานของมอเตอร์เกียร์นอกจากนี้ เกียร์ทดรอบก็เป็นอีกรูปแบบของมอเตอร์เกียร์ที่นิยมนำไปใช้งานกับเครื่องจักรอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่

3.1.2 การออกแบบเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

เครื่องย้อมผ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ จากการลงพื้นที่ คณะผู้วิจัยได้สอบถามและพูดคุยกับผู้ประกอบการ และทำการศึกษากระบวนการย้อมผ้า ซึ่งพบว่าจากกระบวนการย้อมผ้าของผู้ประกอบการทำให้ย้อมผ้าได้ปริมาณที่น้อยและไม่ได้ตามที่ต้องการ คณะผู้วิจัยจึงออกแบบหม้อย้อมผ้า และกำหนดขนาดของหม้อย้อมผ้า โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหม้อย้อม 60 เซนติเมตร $\times$ 70 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถบรรจุผ้าและน้ำสีย้อมได้ปริมาณมากขึ้น จากนั้นออกแบบท่อระบายน้ำทิ้ง คณะผู้วิจัยกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำทิ้ง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร เพื่อเป็นการระบายน้ำสีย้อมเมื่อทำการย้อมผ้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว และออกแบบฝาปิดหม้อย้อม โดยกำหนดขนาดของฝาปิดหม้อย้อมผ้า โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 62 เซนติเมตร $\times$ 70 เซนติเมตร และมีเกวียดอุดหนุนรูปแบบขาตั้งออกหลัง อยู่บนฝาปิดหม้อ เพื่ออุดหนุนภูมิของน้ำที่ใช้ย้อมผ้า



ภาพที่ 3-1 แสดงแบบของตัวหม้อย้อมผ้า

ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

แขนกลหมุนผ้า จากการลงพื้นที่พบผู้ประกอบการและศึกษากระบวนการย้อมผ้าของผู้ประกอบการ พบว่าในขณะที่มีการย้อมผ้า ผู้ประกอบการจะมีการยกผ้าขึ้นมาจากน้ำย้อมอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ผ้าได้สัมผัสกับอากาศ โดยการยกผ้าของผู้ประกอบการจะยกขึ้นมาและเอาลงในไปให้น้ำย้อมทำวนแบบนั้นจนครบทุกส่วนของผ้า คณะผู้วิจัยจึงออกแบบแขนกลสำหรับหมุนผ้าโดยที่ตัวแขนกลจะทำการหมุนเอาผ้าขึ้นมาจากน้ำย้อมมาสัมผัสกับอากาศแล้วปล่อยลงไปในน้ำย้อมเหมือนเดิม และทำการหมุนวนไปเรื่อย ๆ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแขนกลหมุนผ้าออกเป็น 3 แบบดังนี้

1. แบบที่ 1 คณะผู้วิจัยกำหนดขนาดของแท่งแขนกลที่ใช้ในการหมุนและยกผ้าขึ้นมาจากน้ำย้อมผ้า โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งได้แก่ แขนกลสำหรับหมุนและแขนกลสำหรับยกผ้าขึ้นมาจากน้ำ แขนกลสำหรับหมุนจะกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร $\times$ 85 เซนติเมตร และแขนกลสำหรับยกผ้าขึ้นมาจากน้ำโดยต่อออกมาจากตัวแขนกลสำหรับหมุน กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร $\times$ 10 เซนติเมตร จำนวน 5 แขน ต่อแบบสลับฟันปลา



ภาพที่ 3-2 แสดงรูปแบบแขนกล แบบที่ 1
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

2. แบบที่ 2 คณะผู้วิจัยกำหนดขนาดของแท่งแขนกลที่ใช้ในการหมนและยกผ้าขึ้นจากน้ำย้อมผ้า โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งได้แก่ แขนกลสำหรับหมนและแขนกลสำหรับยกผ้าขึ้นจากน้ำ แขนกลสำหรับหมน จะกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร $\times$ 85 เซนติเมตร และแขนกลสำหรับยกผ้าขึ้นจากน้ำ จะกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร $\times$ 10 เซนติเมตร $\times$ 42 เซนติเมตร โดยจะเป็นแบบโครงเหล็ก จำนวน 2 อัน ต่อแบบตรงข้ามกัน



ภาพที่ 3-3 แสดงรูปแบบแขนกล แบบที่ 2
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3. แบบที่ 3 คณะผู้วิจัยกำหนดขนาดของแท่งแขนกลที่ใช้ในการหมุนและยกผ้าขึ้นจากน้ำย้อมผ้า โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งได้แก่ แขนกลสำหรับหมุนและแขนกลสำหรับยกผ้าขึ้นจากน้ำ แขนกลสำหรับหมุน จะกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร $\times$ 85 เซนติเมตร และแขนกลสำหรับยกผ้าขึ้นจากน้ำ จะกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร $\times$ 10 เซนติเมตร $\times$ 42 เซนติเมตร โดยจะเป็นแบบตะแกรงเหล็ก เพื่อป้องกันผ้า จำนวน 2 อัน ต่อแบบตรงข้ามกัน



ภาพที่ 3-4 แสดงรูปแบบแขนกล แบบที่ 3
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

ฐานวางตัวเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ ฐานสำหรับวางตัวเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยกำหนดขนาดของฐานวางตัวเครื่องย้อมผ้า 30 เซนติเมตร $\times$ 75 เซนติเมตร ซึ่งจะใช้เหล็กกล้าปิวไนซ์แบบกล่อง ขนาด 1.5" (นิ้ว) $\times$ 3" (นิ้ว) ในการประกอบตัวฐานวาง และใช้เหล็กฉากเชื่อมกับตัวฐานวางขึ้นมา เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวหม้อย้อมเกิดการตะแคงไปด้านใดด้านหนึ่งในขณะย้อมผ้า และตัวฐานวางจะทำการติดตั้งหัวเตาแก๊ส เพื่อให้ในการให้ความร้อนแก่หม้อย้อมผ้า ไวข้างใต้ของตัวหม้อย้อมผ้า และทำการติดตั้งล้อสำหรับการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้าย จำนวน 4 ล้อ ขนาดล้อ 3" (นิ้ว) เนื่องจากตัวเครื่องย้อมผ้ามีน้ำหนักที่มากซึ่งยากต่อการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้าย



ภาพที่ 3-5 แสดงรูปแบบฐานวางตัวเครื่องย้อมผ้า
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

การเลือกใช้มอเตอร์ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและคำนวณหาขนาดกำลังของมอเตอร์ที่จะใช้ในการหมุนแกนกล และจำนวนรอบความเร็วมอเตอร์ ซึ่งคณะผู้วิจัยเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ (AC) เป็นมอเตอร์กระแสสลับที่มีตั้งแต่ 1 เฟส – 3 เฟส สามารถปรับรอบความเร็วได้และมีฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบ และเพิ่มแรงบิดเพื่อให้สามารถขับเคลื่อนได้ตามที่ต้องการ คณะผู้วิจัยจะใช้มอเตอร์เกียร์ AC ขนาด 1 เฟส เนื่องจากเป็นมอเตอร์เกียร์ AC ขนาด 1 เฟส สามารถใช้ร่วมกับไฟบ้านได้ คือ 220 V โวลต์ ซึ่งมีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการ

การคำนวณหาขนาดกำลังของมอเตอร์

โดยมีสูตรคำนวณหาขนาดกำลังของมอเตอร์ ดังนี้

$$P = \frac{2\pi TN}{60}$$

เมื่อ	P	=	กำลัง (W วัตต์)
	T	=	Torque (N.m)
	N	=	รอบความเร็ว (RPM)

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2\pi TN}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3.14 \times 0.63 \times 1410}{60}
 \end{aligned}$$

$$= 92.97 \text{ w (วัตต์)}$$

เนื่องจาก ขนาดของกำลังมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณไม่มี คณะผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องใช้ขนาดกำลังมอเตอร์ที่ใกล้เคียงคือ 100 w (วัตต์)

การหาจำนวนรอบความเร็วของมอเตอร์ จากการลงพื้นที่คณะผู้วิจัยได้สอบถามผู้ประกอบการและการสังเกตจำนวนรอบที่ผู้ประกอบการใช้ในการยกผ้าขึ้นมาจากน้ำย้อม ซึ่งจากการสังเกตผู้ประกอบการใช้เวลาในการยกผ้าขึ้นมาสัมผัสกับอากาศโดยมีจำนวนรอบอยู่ที่ 10-15 รอบ ต่อ 1 นาที ดังนั้นคณะผู้วิจัยจะต้องใช้มอเตอร์เกียร์ที่มีความเร็วรอบ 1410 (RPM) และมีอัตราเกียร์ทดอยู่ที่ 1 : 50

โดยมีการคำนวณรอบ ดังนี้

$$T = \frac{N}{N2}$$

เมื่อ $T =$ จำนวนรอบ (ต่อนาที)

$N =$ จำนวนรอบเพลามอเตอร์อินพุท

$N2 =$ จำนวนรอบเพลารีพัทเกียร์ทด

การคำนวณ

$$\begin{aligned} T &= \frac{N}{N2} \\ &= \frac{1410}{50} \\ &= 28.2 \text{ รอบต่อนาที} \end{aligned}$$

เนื่องจาก จำนวนรอบของมอเตอร์เกียร์ที่คณะผู้วิจัยได้ทำการคำนวณ ไม่มีตามที่ต้องการ คณะผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์เกียร์ที่มีความเร็วรอบอยู่ที่ 30 รอบต่อนาที

3.2 ขั้นตอนการผลิตเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

3.2.1 การผลิตหม้อย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตจึงจำเป็นต้องทำการจัดซื้อและจ้างช่างในการผลิตตัวหม้อ โดยใช้วัสดุจากสแตนเลสในการผลิตตัวหม้อซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำ

การออกแบบตัวหม้อย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติและให้ผู้ผลิต ผลิตตามแบบและมีการติดตามผลและประสานงานกับผู้ผลิต เพื่อให้ได้หม้อย้อมผ้าที่ตรงตามที่คณะผู้วิจัยต้องการ

3.2.2 การผลิตแขนกลสำหรับหมุนตัวผ้า ใช้วัสดุจากเหล็กชุบสังกะสีในการผลิตแขนกล ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแขนกลและให้ผู้ผลิต ผลิตตามแบบที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ โดยที่คณะผู้วิจัยจะคอยติดตามผลอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ผู้ผลิตได้สร้างได้ตามแบบที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ



ภาพที่ 3-7 แสดงแขนกลที่ใช้ในการย้อมผ้า
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3.2.3 การผลิตแท่นวางตัวเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยใช้วัสดุจากเหล็กกล้า-ไนซ์ในการผลิต โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบ และได้ส่งแบบของแท่นวางของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติให้ผู้ผลิตได้ผลิตตามแบบที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้

3.2.4 มอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแขนกล ทำการจัดซื้อ โดยตัวมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแขนกล คณะผู้วิจัยได้ทำการคำนวณขนาดกำลังของมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแขนกล กระแสไฟที่ใช้ จำนวนรอบความเร็วมอเตอร์ ซึ่งจากการคำนวณคณะผู้วิจัยจะใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 1/8 แรงม้า(HP) 1-Phase แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ความถี่ 50 Hz กำลังไฟ 100 วัตต์



ภาพที่ 3-10 แสดงมอเตอร์เกียร์
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3.2.5 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า การทำงานของตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องย้อมผ้า จะมีสวิตช์ควบคุมในส่วนของการเดินเครื่องมอเตอร์และการหยุดเครื่องมอเตอร์ สวิตช์เซฟตี้หรือสวิตช์ฉุกเฉินเป็นตัดการไหลของกระแสไฟ เบรกเกอร์เปิด-ปิดของเครื่องมอเตอร์ และไฟซ์การทำงานของตัวเครื่องมอเตอร์ และทำการสร้างขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสภาวะไฟเกินแบบเฉียบพลันและเป็นการหยุดเครื่องย้อมผ้าเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง



ภาพที่ 3-11 แสดงตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยคณะผู้วิจัยจะหา อัตราการเดินเครื่องจักร ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพของเครื่องจักร นำผลของค่าที่ได้มา คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้สูตรคำนวณ OEE (Overall Equipment Effectiveness) โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

3.3.1 หาอัตราการเดินเครื่องจักร โดยมีสูตรการหาดังนี้

$$\text{เวลาเดินเครื่อง} = \text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด}$$

$$\text{อัตราการเดินเครื่องจักร} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระ}}$$

อัตราการเดินเครื่อง คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงาน

เวลาเดินเครื่อง คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงานอยู่จริง

เวลารับภาระงาน คือ เวลาที่มีการวางแผนไว้ในการผลิต

เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด คือ เวลาที่ใช้ในการหยุดเครื่อง

การคำนวณ เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติมีเวลาในการทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมง ต่อวัน เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติมีเวลาหยุดตามแผน 1 ชั่วโมง และมีเวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด 1.5 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{เวลารับภาระงาน} &= \text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาหยุดตามแผน} \\ &= 8 \text{ ชั่วโมง} - 1 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 7 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เวลาเดินเครื่อง} &= \text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาสูญเสียเครื่องจักรหยุด} \\ &= 7 \text{ ชั่วโมง} - 0.08 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 6.92 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระ}} \\
 &= \frac{6.92}{7} \\
 &= 1.00 \times 100 \\
 &= 99.00 \%
 \end{aligned}$$

3.3.2 หาประสิทธิภาพการเดินเครื่อง โดยมีสูตรการหาดังนี้

$$\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} = \text{เวลาเดินเครื่อง} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องเสียกำลัง}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} &= \text{เวลาเดินเครื่อง} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องเสียกำลัง} \\
 &= 5 \text{ ชั่วโมง} - 0.16 \text{ ชั่วโมง} \\
 &= 4.84 \text{ ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \\
 &= \frac{4.84}{5} \\
 &= 0.90 \times 100 \\
 &= 96.00 \%
 \end{aligned}$$

3.3.3 หาอัตราคุณภาพของเครื่องจักร โดยมีสูตรการหาดังนี้

$$\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า} = \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} - \text{เวลาสูญเสียจากการผลิต ของเสีย}$$

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า}}{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}$$

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า} &= \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} - \text{เวลาสูญเสียจากการผลิตของเสีย} \\
 &= 4 \text{ ชั่วโมง} - 0 \text{ ชั่วโมง} \\
 &= 4 \text{ ชั่วโมง} \\
 \text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า}}{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}} \\
 &= \frac{4}{4} \\
 &= 1.00 \times 100 \\
 &= 100.00 \%
 \end{aligned}$$

นำค่าที่ได้มาหาได้มา คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้สูตรคำนวณ OEE (Overall Equipment Effectiveness) โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพโดยรวม} = \text{อัตราการเดินเครื่องจักร} \times \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} \times \text{อัตราคุณภาพของเครื่องจักร}$$

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพโดยรวม} &= \text{อัตราการเดินเครื่องจักร} \times \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} \times \text{อัตราคุณภาพของเครื่องจักร} \\
 &= (0.99 \times 0.96 \times 1.00) \times 100 \\
 &= 95.04 \%
 \end{aligned}$$

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมผ้าของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

การเตรียมผ้าที่ใช้ในการย้อม ทดสอบความยาวของผ้าที่มีผลต่อการย้อม ทดสอบจำนวนของผ้าที่เพิ่มขึ้นในการย้อมผ้าและการวัดค่าการดูดกลืนสีของผ้า

3.4.1 การเตรียมผ้าที่ใช้ในการย้อมผ้า คณะผู้วิจัยจะนำผ้าจำนวน 3 ผืน โดยที่แต่ละผืนจะมีความยาว 10 เมตรและกว้าง 50 เซนติเมตร คณะผู้วิจัยจะทำการล้างแบ่งที่ติดอยู่ที่ผ้าออกโดยนำผ้าไปต้มในน้ำเดือด ซึ่งจะใช้น้ำ 15 ลิตร ต้มจนเดือด และใส่โซดาไฟจำนวน 13 ช้อนโต๊ะ ต่อผ้า 10 เมตรหรือ 1 ผืน ใช้เวลาในการต้ม 45 นาที เมื่อครบเวลาให้ทำการล้างน้ำเปล่าและนำไปตากแดดจนแห้ง



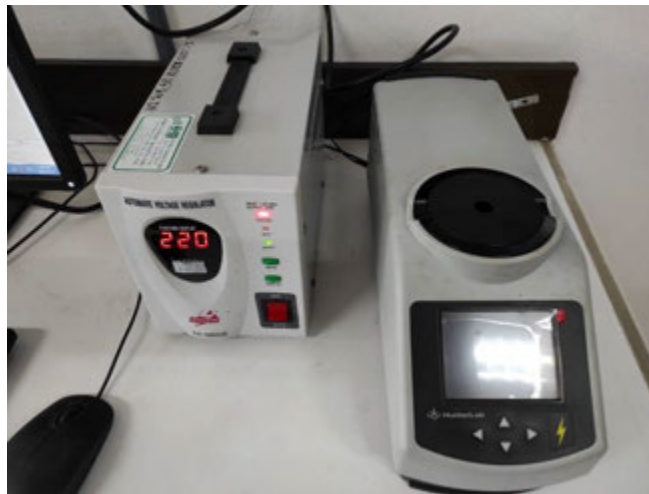
ภาพที่ 3-12 แสดงการล้างผ้าด้วยโซดาไฟ
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการย้อมสี คณะผู้วิจัยจะนำผ้าที่ได้จากการล้างแบ่งออกแล้ว นำมาเย็บหัวท้ายต่อกัน ก่อนจะใส่ตัวผ้าลงไปที่เครื่องย้อมผ้า จากนั้นทำการเดินเครื่องซึ่งคณะผู้วิจัยจะใช้เวลาในการย้อมผ้า 1 ชั่วโมง เทียบเท่ากับเวลาที่ผู้ประกอบการใช้ในการย้อมผ้า เมื่อครบเวลานำผ้าที่ได้จากการย้อมมาล้างด้วยน้ำปูนใส เพื่อให้ น้ำปูนใสและน้ำสีย้อมผ้าทำปฏิกิริยาต่อกัน จะเกิดสีที่มีความสว่าง จากนั้นนำผ้าที่ล้างน้ำปูนใสไปตากแดดจนแห้ง พอแห้งแล้วให้นำกลับมาทำซ้ำแบบเดิมคือการนำมาย้อมซ้ำ จนครบ 4 ครั้ง และในแต่ละครั้งคณะผู้วิจัยจะทำการวัดค่าการดูดกลืนสี ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผ้าที่ย้อม โดยคณะผู้วิจัยจะทำการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab จำนวนที่คณะผู้วิจัยจะวัดค่าสีคือ 14 จุด ต่อ 1 เมตร

1			2			3			4
		5			6			7	

	8			9			10		
11			12			13			14

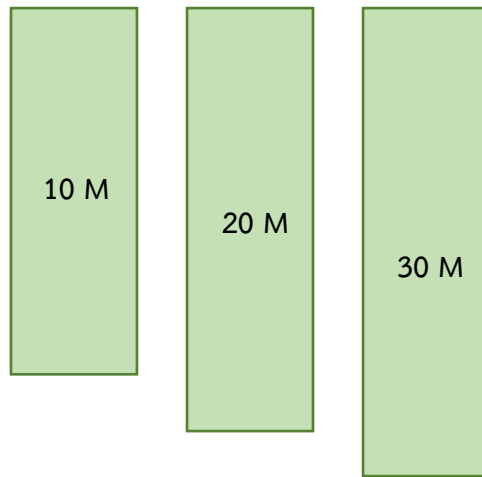
ภาพที่ 3-1 แสดงตัวอย่างการวางตำแหน่งการวัดค่าดูดกลืนสีของผ้า
ที่มา: น้ำฝน เป้าทองคำ



ภาพที่ 3-2 แสดงเครื่องวัดค่าดูดกลืนสีของผ้า (Hunter Lab)
ที่มา: น้ำฝน เป้าทองคำ

3.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการย้อมด้วยความยาวผ้าที่เพิ่มขึ้น คณะผู้วิจัยจะนำผ้าที่ได้จากการล้างแบ่งออกแล้ว ที่มีความยาว 10 เมตร ความกว้าง 40 เซนติเมตร จำนวน 6 ผืน มาย้อมลงในหม้อเดียวกัน การย้อม คณะผู้วิจัยจะทำการเพิ่มความยาวของผ้าขึ้นในแต่ละช่วง โดยคณะผู้วิจัยจะแบ่งเป็น 3 ช่วง ในการย้อมผ้า คือ ช่วงที่ 1 จะใช้ผ้าที่มีความยาว 10 เมตร กว้าง 40 เซนติเมตร และทำการเย็บปิดหัวท้ายและใส่ลงไปในหม้อย้อมผ้า ทำการเดินเครื่องย้อมผ้า ใช้เวลาในการย้อม 1 ชั่วโมง พอครบเวลาก็นำผ้ามาล้างด้วยน้ำปูนใสและนำไปตากให้แห้ง ช่วงที่ 2 จะใช้ผ้าที่มีความยาว 20 เมตร กว้าง 40 เซนติเมตร และช่วงที่ 3 จะใช้ผ้าที่มีความยาว 30 เมตร กว้าง 40 เซนติเมตร ซึ่งช่วง 2 และ 3 จะทำแบบเดียวกันกับช่วงที่ 1 พอได้ผ้าที่ได้จากการย้อมทั้ง 3 ช่วงแล้ว นำไปวัดค่า

ดัดกลืนสีด้วยเครื่อง Hunter Lab โดยการวัดค่าดัดกลืนสีที่คณะผู้วิจัยจะทำการวัดคือจำนวน 14 จุด ต่อ 1 เมตร เพื่อดูความต่างของเนื้อผ้าและดูเนื้อผ้าที่ย้อมว่ามีการติดสีที่สม่ำเสมอของผ้าในแต่ละช่วง



ภาพที่ 3-15 แสดงตัวอย่างผ้าที่ใช้ย้อมทั้ง 3 ช่วง
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3.4.4 การทดสอบจำนวนผ้าที่ใช้ในการย้อม คณะผู้วิจัยจะนำผ้าที่ผ่านกระบวนการล้างแบ่งออกแล้ว ที่มีความยาว 10 เมตร กว้าง 40 เซนติเมตร จำนวน 3 ผืน ซึ่งคณะผู้วิจัยจะนำผ้าทั้ง 3 ผืนมาใส่ลงไปในเครื่องย้อม และไม่ต้องเย็บผ้าต่อกัน แต่จะเป็นการเย็บปิดหัวท้ายของแต่ละผืน โดยที่ทั้ง 3 ผืนจะอยู่บนแกนกล จากนั้นทำการเดินเครื่องย้อมผ้า ผ้าที่อยู่บนแกนกลทั้ง 3 ผืน ก็จะค่อยๆ หมุนวนไป คณะผู้วิจัยใช้เวลาในการย้อมผ้า คือ 1 ชั่วโมง พอครบเวลาก็นำไปล้างด้วยน้ำปูนใสและนำไปจากแดดจนแห้ง และนำไปวัดค่าดัดกลืนสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab โดยมีจำนวนในการวัดคือ 14 จุด ต่อ 1 เมตร เพื่อดูค่าความต่างและดูสีเนื้อผ้าที่ย้อมว่ามีการติดสีที่สม่ำเสมอของผ้าทั้ง 3 ผืน ที่ใส่ลงไปที่เดียวทั้ง 3 ผืน



ภาพที่ 3-16 แสดงการย้อมผ้าจำนวน 3 ผืนพร้อมกัน
ที่มา: น้ำฝน เบ้าทองคำ

3.5 กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย

3.5.1 การเตรียมแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย

3.5.1.1 การเตรียมแก่นสน นำแก่นสนมาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปซังด้วยเครื่องซัง 4 ตำแหน่ง เป็นปริมาณ 12.36 กรัม

3.5.1.2 การเตรียมใบยูคาลิปตัส นำใบยูคาลิปตัสสดมาทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปซังด้วยเครื่องซัง 4 ตำแหน่ง เป็นปริมาณ 12.36 กรัม

3.5.1.3 การเตรียมเปลือกแมคคาเดเมีย นำเปลือกแมคคาเดเมียแห้งที่เหลือจากการแปรรูป มาทำความสะอาดกำจัดฝุ่นและเศษดิน ตำด้วยครกหินให้มีขนาดชิ้นเล็ก จากนั้นนำไปซังด้วยเครื่องซัง 4 ตำแหน่ง เป็นปริมาณ 12.36 กรัม

3.5.2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย

3.5.2.1 การสกัดแก่นสน นำแก่นสนใส่ในหลอด extraction thimbles ปิดฝาด้วยกระดาษกรอง โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วน 1:1 (แก่นสน 12.36 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 100 มิลลิลิตร) และ 1:2 (แก่นสน 12.36 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 200 มิลลิลิตร) ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ตามลำดับ จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องซอกเลตเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการสกัด ใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมงต่อการสกัด 1 ครั้ง ตั้งอุณหภูมิตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อสกัดเสร็จนำเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) เพื่อแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดแก่นสน แล้วเก็บสารที่ได้ใส่ในขวดสีชาเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการทดสอบฤทธิ์

3.5.2.2 การสกัดใบยูคาลิปตัส นำใบยูคาลิปตัสใส่ในหลอด extraction thimbles ปิดฝาด้วยกระดาษกรองโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วน 1:1 (ใบยูคาลิปตัส 12.36 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 100 มิลลิลิตร) และ 1:2 (ใบยูคาลิปตัส 12.36 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 200 มิลลิลิตร) ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ตามลำดับ จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องซอกเลตเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการสกัด ใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมงต่อการสกัด 1 ครั้ง ตั้งอุณหภูมิตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อสกัดเสร็จนำเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) เพื่อแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดใบยูคาลิปตัส แล้วเก็บสารที่ได้ใส่ในขวดสีชาเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการทดสอบฤทธิ์

3.2.2.3 การสกัดเปลือกแมคคาเดเมีย นำเปลือกแมคคาเดเมียใส่ในหลอด extraction thimbles ปิดฝาด้วยกระดาษกรองโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตทในอัตราส่วน 1:1 (เปลือกแมคคาเดเมีย 12.36 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 100 มิลลิลิตร) และ 1:2 (เปลือกแมคคาเดเมีย 12.36 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 200 มิลลิลิตร) ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ตามลำดับ จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องซอกเลตเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการสกัด ใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมงต่อการสกัด 1 ครั้ง ตั้งอุณหภูมิตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อสกัดเสร็จนำเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) เพื่อแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดเปลือกแมคคาเดเมีย แล้วเก็บสารที่ได้ใส่ในขวดสีชาเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการทดสอบฤทธิ์

3.6 กระบวนการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย

3.6.1 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol salt agar 279.77 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ละลายในน้ำกลั่น 2,520 มิลลิลิตร คนให้ละลาย จากนั้นนำไปต้มบนเครื่องให้ความร้อน (hot plate) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จับเวลาจากน้ำเดือด 15 นาที แล้วยกลงพักให้เย็น จากนั้นนำเข้าเครื่องหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำเข้าตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Flow Cabinet) เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อแก้ว (Glass petri dish) จานละ 35 มิลลิลิตร จำนวน 72 จาน ปิดฝาแล้วพักไว้ให้อาหารแข็งตัว

3.6.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย

3.6.2.1 Serial dilution ทำการเจือจางเชื้อแบคทีเรียความเข้มข้นที่ 10^{-7} ลงในหลอดทดลอง 7 หลอด โดยใช้สาลิก้านยาวจุ่มลงในหลอดทดลองหลอดที่ 7 แล้วนำมาวาดลงบนเพลสอาหารเลี้ยงเชื้อให้เต็ม

3.6.2.2 เตรียมสารสกัดพืช 3 ชนิด ได้แก่ แก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย นำสารสกัดของพืชทั้ง 3 ชนิดในขวดสีชา มาชั่งน้ำหนัก 0.010 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นใส่สารละลาย DMSO 10 มิลลิลิตร และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร (Genie 2 G560E Vortex Mixer) และจะได้สารละลายความเข้มข้นสูง (Stock solution) ของสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิด ที่มีความเข้มข้น 1000 ppm. จากนั้นทำการเจือจางสารละลาย (Dilute solution) ที่มีความเข้มข้น 100 ppm. และ 200 ppm. โดยใช้การคำนวณจากสูตร $C_1V_1=C_2V_2$

3.6.2.3 เตรียม Disc นำผ้าเส้นใยกันขงมาตัดเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จากนั้นนำเข้าเครื่องหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 15 นาที

3.6.2.4 การใส่สารละลายเจือจางของสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดลงบน Disc ที่ทำจากผ้าใยกันขงเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จากนั้นหยดลงบน Disc ละ ปริมาตร Disc ละ 50 ไมโครลิตร จากนั้นนำ Disc ที่หยดสารละลายเจือจางของสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เชื้อแบคทีเรียเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำเข้าตู้ปลอดเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมา นับจำนวนโคโลนีและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณการยับยั้งที่เกิดขึ้น (Inhibition zone) โดยวัดเป็นหน่วยมิลลิเมตร และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยร้อยละ

3.7 กระบวนการย้อมแกรม

3.7.1 การย้อมเชื้อ

ทำการย้อมเชื้อในตู้ปลอดเชื้อโดยทำความสะอาดสไลด์และขีดให้แห้ง จากนั้นเตรียมนำเชื้อแบคทีเรียมาเกลี่ยลงบนสไลด์ (SMEAR) โดยนำเข็มเย็บเย็บจุ่มด้วย Alcohol 70% แล้วนำเข็มเย็บเชื้อลงไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าเชื้อที่อาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อน จากนั้นย้อมเชื้อที่เจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อมา

เพียงเล็กน้อย เชื้อลงบนกระจกสไลด์ (Microscopic slide) หยดน้ำกลั่น 1 หยด แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (coverslips)

3.7.2 การย้อมแกรม

นำกระจกสไลด์ที่เชื้อเชื้อลงไปแล้วมาหยดสีย้อมสีแกรม Crystal Violet ให้ทั่วมรอย smear ทั้งไว้นาน 1 นาที เทสีที่เหลือค้ำบนสไลด์ลงในบีกเกอร์ แล้วชะด้วยสารละลายไอโอดีน หลังจากนั้นหยดสารละลายไอโอดีนให้ทั่วมรอย smear และทิ้งไว้นาน 1 นาที เทสารละลายไอโอดีนทิ้ง แล้วชะด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 95% จนกระทั่งไม่มีสีม่วงละลายออกมา แต่อย่าเกิน 20 วินาที แล้วล้างน้ำทันที โดยให้น้ำผ่านเบาๆ ชับด้วยกระดาษซับแล้วย้อมทับด้วยการหยดสีย้อมสีแกรม Safranin ให้ทั่วมรอย smear ทั้งไว้นาน 1 นาที เทสีทิ้ง ล้างด้วยน้ำแล้วซับด้วยกระดาษและตรึงเซลล์ด้วยความร้อน จากนั้นนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์วัตถุกำลังขยาย 100x แบคทีเรียที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกจะติดสีน้ำเงิน ส่วนแบคทีเรียแกรมลบจะติดสีแดง

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

จากผลการศึกษาการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติมีผลการรายงานดังต่อไปนี้

4.1.1 รูปแบบของแขนกลที่ใช้ในงานวิจัย พบว่าคณะผู้วิจัยได้ศึกษาและออกแบบแขนกลมีด้วยกันทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของแขนกล

รูปแบบของแขนกล	ลักษณะการทำงาน	ผลการทดสอบ
แบบที่ 1	เพลาชับเคลื่อนด้วยระบบมอเตอร์มีทิศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา ความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนอยู่ที่ 1:50 นาที โดยมีใบพายที่เป็นตัวดึงผ้าขึ้นมาจากน้ำสี	เมื่อระยะเวลาผ่านไป ผ้าที่ใช้ในการย้อมพันเข้ากับแขนกลและติดเป็นก้อนผ้า
แบบที่ 2	เพลาชับเคลื่อนด้วยระบบมอเตอร์มีทิศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา ความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนอยู่ที่ 1:50 นาที โดยมีแขนที่ตั้งฉากกับแนวผ้าที่ใช้เป็นตัวดึงผ้าขึ้นมาจากน้ำ	เมื่อระยะเวลาผ่านไปผ้าจะพันกันเป็นก้อนและตกลงในช่องระหว่างแขนกลกับเพล่า ทำให้ผ้าพันเข้ากับเพล่า และติดกันเป็นก้อน
แบบที่ 3	เพลาชับเคลื่อนด้วยระบบมอเตอร์มีทิศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา ความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนอยู่ที่ 1:50 นาที โดยมีเพิ่มตะแกรงเข้าไป เพื่อไม่ให้ผ้าตกลงช่องระหว่างเพล่ากับแขนกล	เมื่อเริ่มกระบวนการย้อมย้อมตัวแขนกลมีการทำให้หน้ากว้างของผ้าที่ย้อมกางออก และไม่เกิดปัญหาในการที่ผ้าพันเข้าเพล่าแขนกล

จากผลการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขการทำงานของแขนกลพบว่า รูปแบบของแขนกลในแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพในการทำงานมากกว่า รูปแบบที่ 1 และ 2

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

4.2.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ

4.2.1.1 การทำงานของมอเตอร์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ โดยทำการจับเวลาในการย้อมผ้าเมื่อตำแหน่งของผ้าวนครบตามระยะที่กำหนด โดยมีผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์

ความยาว ของผ้า	จำนวนรอบ เวลา(นาท)					ค่าเฉลี่ย	S.D.
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4	รอบที่ 5		
10 เมตร	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.004472
20 เมตร	1.13	1.13	1.13	1.17	1.09	1.13	0.028284
30 เมตร	2.03	1.59	2.02	1.49	1.53	1.73	0.269852

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณความยาวผ้ามีผล คือ ผ้าที่มีความยาว 10 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ย 0.36 นาที่ ผ้าที่มีความยาว 20 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ย 1.13 นาที่ และผ้าที่มีความยาว 30 เมตร ใช้เวลาเฉลี่ย 1.73 นาที่

4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมผ้า

4.2.2.1 การทดสอบในการย้อมซ้ำ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าด้วยการย้อมซ้ำของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีการเตรียมผ้าใยกล้วยที่มีความยาวทั้งหมด 7 เมตร แบ่งออกเป็น 3 เมตรและ 4 เมตร เพื่อทำการย้อมสีที่แตกต่างกันโดยมีสีที่สกัดจากเปลือกดาวอินคาและฝักคูณโดยใช้น้ำสี ๆ ละ 60 ลิตร ใช้เวลา 1 ชั่วโมงในการย้อม นำไปย้อมทั้งหมด 4 ครั้งและตัดผ้าใยกล้วยที่ย้อมเสร็จในแต่ละครั้ง เพื่อนำไปทดสอบโดยมีผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3 ผลการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าด้วยการย้อมซ้ำของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติผ้าใยกล้วยย้อมด้วยสีจากดาวอินคา

การย้อม	ค่าเฉลี่ย L*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	55.67±2.41	0.28	58.24±2.54	0.20	0.00
2	55.47±1.69		56.11±4.15		
3	56.11±2.90		59.19±2.59		

4	54.09±2.89		57.71±2.10		
การย้อม	ค่าเฉลี่ย a*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	1.45±0.14	0.00	1.06±0.12	1.15	7.50
2	1.51 ±0.17		1.20±0.21		
3	1.07±0.24		0.53±0.14		
4	1.23±0.18		0.84±0.14		
การย้อม	ค่าเฉลี่ย b*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	18.54±0.77	0.03	17.23±0.96	0.02	1.02
2	18.94 ±0.44		18.25±1.00		
3	18.42±0.92		18.00±0.68		
4	19.45±1.11		18.29±0.93		
การย้อม	ค่าเฉลี่ย ΔE*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	1.96±1.53	0.71	3.59±1.36	0.20	0.00
2	1.67±1.18		3.63±2.78		
3	2.46±2.25		3.17±1.33		
4	1.96±1.53		3.59±1.36		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4-4 ผลการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าด้วยการย้อมซ้ำของเครื่องย้อมผ้าระบบ กึ่งอัตโนมัติผ้าใยถักขย้อมด้วยสีจากฝักคูณ

การย้อม	ค่าเฉลี่ย L*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	51.76±2.20	0.01	53.36±1.46	6.38	0.27
2	49.58±2.65		49.20±1.57		
3	46.13±7.91		47.50±2.87		
4	49.66±1.65		48.66±1.50		
การย้อม	ค่าเฉลี่ย a*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	3.38±0.20	0.00	3.37±0.18	0.02	0.16
2	3.60±0.19		3.65±0.22		

3	3.71±0.20		3.67±0.69		
4	3.57±0.16		3.81±0.17		
การย้อม	ค่าเฉลี่ย b*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	9.93±0.44	0.00	9.66±0.28	9.55	0.00
2	9.43±0.31		9.66±0.28		
3	9.75±0.34		10.56±0.31		
4	10.05±0.28		10.51±0.30		
การย้อม	ค่าเฉลี่ย ΔE*				t-test
	ด้านหน้า	.sig	ด้านหลัง	.sig	
1	3.43±1.89	0.23	4.74±1.44	0.12	0.01
2	2.36±2.42		2.53±1.51		
3	2.11±1.36		2.88±2.60		
4	2.28±1.50		3.28±1.39		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากผลการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมด้วยการย้อมซ้ำในผ้าทั้ง 4 ผืน ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผ้า พบว่าค่าเฉลี่ย L* มีค่า .sig เท่ากับ 0.28 และ 0.20 ค่าเฉลี่ยของ a* มีค่า .sig เท่ากับ 0.00 และ 1.15 ค่าเฉลี่ยของ b* มีค่า .sig เท่ากับ 0.03 และ 0.02 ค่าเฉลี่ยของ ΔE* มีค่า .sig เท่ากับ 0.71 และ 0.20 ของสีจากเปลือกดาวอินคา และมีค่าเฉลี่ย L* มีค่า .sig เท่ากับ 0.01 และ 6.38 ค่าเฉลี่ยของ a* มีค่า .sig เท่ากับ 0.00 และ 0.02 ค่าเฉลี่ยของ b* มีค่า .sig เท่ากับ 0.00 และ 9.55 ค่าเฉลี่ยของ ΔE* มีค่า .sig เท่ากับ 0.23 และ 0.12

4.2.2.2 การทดสอบความยาวของผ้าที่เพิ่มขึ้น

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าด้วยการทดสอบเพิ่มความยาวของผ้า ได้ทำการศึกษา ความยาวของผ้า ได้แก่ 10 เมตร 20 เมตรและ 30 เมตร โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของ L* หมายถึงความสว่างของสี(0(มืด)-100(สว่าง)) a*หมายถึง +เป็นสีแดง -เป็นสีเขียว b* หมายถึง + เป็น สีเหลือง – เป็นสีน้ำเงิน และ ΔE* หมายถึง ค่าสีที่แตกต่างกัน ในผ้าแต่ละผืนทุก 1 เมตรและความแปรปรวนของผ้าทั้ง 3 ผืนโดยมีผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าของเครื่องย้อมผ้ากึ่งอัตโนมัติด้านความยาวของผ้าที่เพิ่มขึ้น

ความยาว	ค่าเฉลี่ย											
	L*	sig	sig	a*	sig	sig	b*	sig	sig	ΔE*	sig	sig
10 เมตร	73.42±0.32	0.12	1.23	-5.58±0.09	0.00	1.57	43.04±0.35	0.00	0.00	1.06±0.27	0.01	5.47
20 เมตร	73.77±0.42	3.32		-3.45±0.16	0.13		33.00±0.74	1.17		1.30±0.45	5.38	

30 เมตร	73.36±0.39	0.00		-3.33 ±0.23	7.67		30.89 ±0.65	6.18		211±0.58	1.67	
------------	------------	------	--	----------------	------	--	----------------	------	--	----------	------	--

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของผ้าแต่ละผืนมีค่า ความสว่าง (L*) มากที่สุด คือ 73.77±0.42 73.42±0.32 และ 73.36±0.39 โดยที่มีความยาว 20 เมตร 10 เมตรและ 30 เมตรตามลำดับ โดยมีความแปรปรวนของความสว่างของสีที่ไม่แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 0.12 และ 3.32 และความสว่างของสีที่แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 0.00 มีความแปรปรวนของค่า a* ไม่แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 0.13 และ 7.67 และมีความแปรปรวนของค่า a* แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 0.00 มีความแปรปรวนของค่า b* ไม่แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 1.17 และ 6.18 ความแปรปรวนของค่า b* แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 0.00 มีความแปรปรวนของค่า ΔE* ไม่แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 1.67 และ 5.38 มีความแปรปรวนของค่า ΔE* แตกต่างกันมีค่า .sig เท่ากับ 0.01 และมีความแปรปรวนทั้งหมด .sig เท่ากับ 1.23

4.2.2.3 กรทดสอบจำนวนของผ้าที่เพิ่มขึ้น

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าด้วยการทดสอบเพิ่มจำนวนของผ้าที่ใช้ในการย้อม ได้ทำการศึกษาจำนวนของผ้า 3 ผืน ที่มีความยาวผืนละ 10 เมตร โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของ L* หมายถึงความสว่างของสี(0(มืด)-100(สว่าง)) a*หมายถึง +เป็นสีแดง -เป็นสีเขียว b* หมายถึง +เป็น สีเหลือง - เป็นสีน้ำเงิน และ ΔE* หมายถึง ค่าสีที่แตกต่างกัน ในผ้าแต่ละผืนทุก 1 เมตรและความแปรปรวนของผ้าทั้ง 3 ผืนโดยมีผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย้อมผ้าของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติด้านจำนวนของผ้าที่เพิ่มขึ้น

จำนวน	ค่าเฉลี่ย											
	L*	.sig	.sig	a*	.sig	sig	b*	.sig	.sig	ΔE*	.sig	.sig
1	70.48 ±1.00	0.15	1.84	-2.63 ±0.14	2.75	5.91	32.30 ±0.81	1.50	2.64	3.92 ±0.84	0.36	4.52
2	68.40 ±0.69	0.00		-2.36 ±0.25	0.30		33.18 ±0.80	6.20		1.30 ±0.62	0.00	
3	70.77 ±1.05	0.86		-2.66 ±0.13	0.00		31.62 ±0.64	7.73		1.22 ±0.87	0.36	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของผ้าในแต่ละผืนมีค่าดังต่อไปนี้ คือ ค่าความสว่างของสีโดยมีความแปรปรวน .sig เท่ากับ 0.15 0.00 และ 0.86 ตามลำดับ และมีความแปรปรวนรวม เท่ากับ 1.84 ซึ่งไม่แตกต่างกันทั้ง 3 ผืน มีค่าความแปรปรวน a* .sig เท่ากับ 2.75 0.30 และ 0.00 ตามลำดับ และมีความแปรปรวนรวม a* .sig เท่ากับ 5.91 ซึ่งไม่แตกต่างกันมีความแปรปรวน b* .sig เท่ากับ 1.50 6.20 และ 7.73 ตามลำดับ และ

มีค่าความแปรปรวนรวม เท่ากับ 2.64 ซึ่งไม่แตกต่างกัน และค่าความแปรปรวน ΔE^* sig เท่ากับ 0.36 0.00 และ 0.36 ตามลำดับ มีค่าความแปรปรวนรวม เท่ากับ 4.52

4.3 การพัฒนาระบบการย้อมเส้นใย

กลุ่มทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส ตั้งอยู่เลขที่ 16 หมู่ที่ 8 ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย โดยมี นางอานวย น้อยตรีมูล เป็นประธานกลุ่ม และนางณัฐจิรา ชินโซ เป็นผู้ประสานงานกลุ่ม จัดตั้งกลุ่มเป็นวิสาหกิจชุมชนเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2548 รหัสทะเบียน 4-42-13-02/1-002 มีจำนวนสมาชิก 20 คน มีวัตถุประสงค์ในการทอผ้าไหมพื้นเมือง ผ้าหมัดหมี่ ใช้วัตถุดิบเส้นยืนและเส้นพุ่งเป็นเส้นไหมโรงงานและเส้นไหมจากการเลี้ยงในครัวเรือนเอง ย้อมสีธรรมชาติและสีเคมี จำหน่ายผ้าไหมทอมือ ผ้าหมัดหมี่ และวัตถุดิบเส้นไหม **ความต้องการพัฒนาระบบการย้อมสีธรรมชาติ ทำให้สีย้อมติดคงทน และออกแบบลวดลายผ้าไหมทอมือ** โดยใช้แนวคิดการออกแบบลายอัตลักษณ์บนผ้าไหมทอมือ นำลักษณะผ้าชิ้นลายล่อง ซึ่งเป็นผ้าชิ้นไทเลยที่มีมาแต่บรรพบุรุษ มาเป็นแรงบันดาลใจในการทอ

4.3.1 การพัฒนาระบบการย้อมสีธรรมชาติ

4.3.1.1 การระดมสมองพัฒนาระบบการย้อมและพัฒนาผลิตภัณฑ์

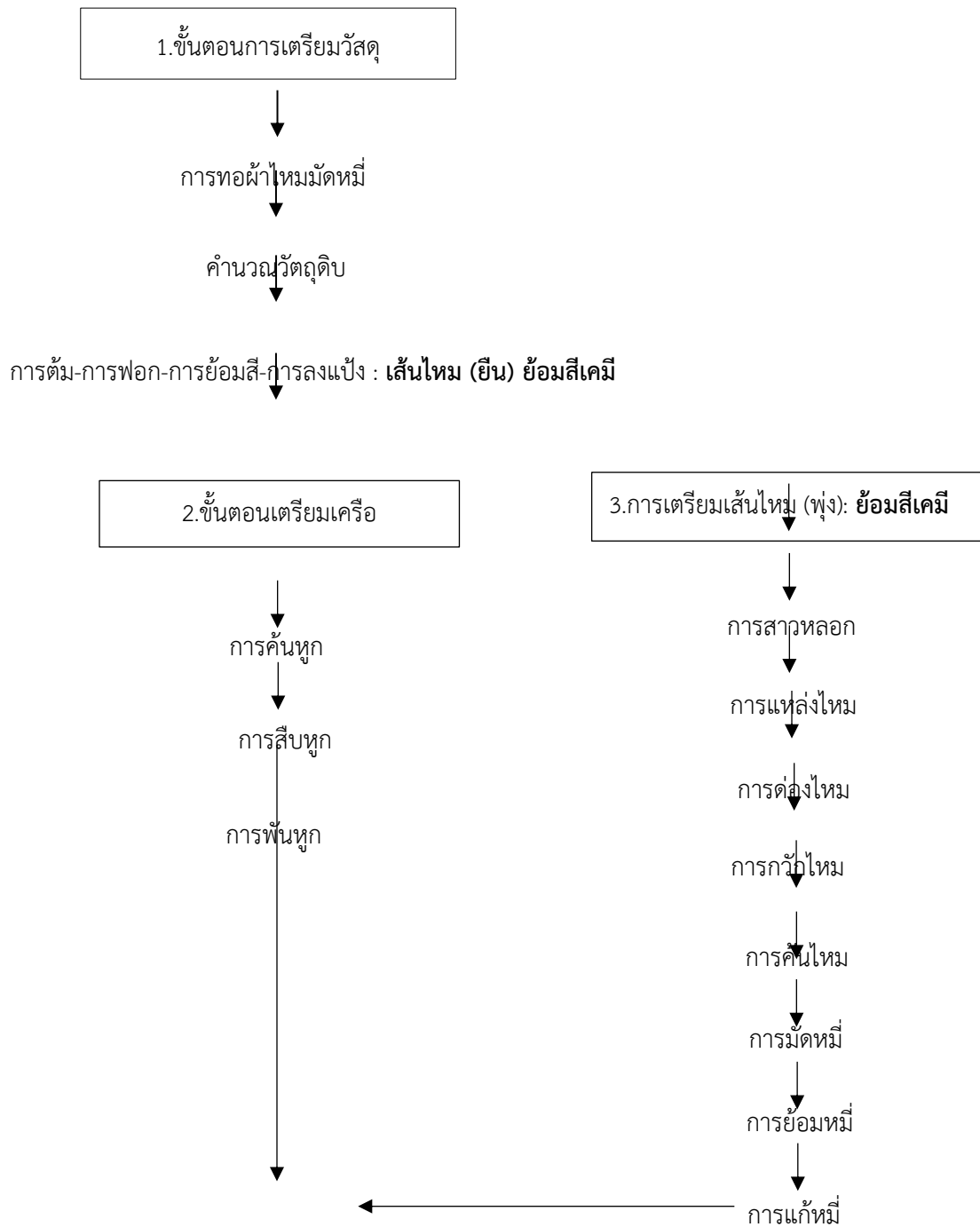
แนวคิดในการออกแบบลวดลายผ้า ใช้หลักการออกแบบลายอัตลักษณ์บนผ้าไหมทอมือ โดยนำลักษณะผ้าชิ้นลายล่องมีการทอเก็บขิดคั่นขิด ซึ่งเป็นผ้าชิ้นไทเลยที่มีมาแต่บรรพบุรุษ มาเป็นแรงบันดาลใจในการทอ นำเอาลวดลายโบราณมาสร้างลวดลายผ่านการมัดหมี่ ประกอบด้วย ลายผาสาด ลายผักแว่น ลายหมากจับ และลายน้ำเลย แต่ละลายคั่นด้วยขิดแบบไทเลย นอกจากนั้นยังใช้สีธรรมชาติ เช่น สีครั่ง สีเข เพื่อให้เกิดผ้าชิ้นที่มีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 4.1 การระดมสมองเพื่อออกแบบลวดลายผ้ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส
ที่มา : เปรมชัย มูลกล้า และคณะ, 2564

4.3.1.2 การศึกษากระบวนการย้อมสีผ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

การศึกษากระบวนการย้อมผ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ประกอบด้วย **การคันเครือเส้นยืน** – นำเส้นไหมยืนที่ได้จากการลอกกาไหม ย้อมสีบนพื้นเส้นไหมเอาเข้ากรงกรอเส้นไหมเข้าอีก นำเส้นไหมที่ถูกกรอด้วยอีกเข้าเส้นฟืมเพื่อคันเส้นยืนเตรียมทอ **เตรียมฟืมทอผ้า** – พอเส้นยืนคันเครือเสร็จก็จัดเรียงเข้าพันหวี แต่ละช่องใส่ด้ายประมาณ 2 เส้นหรือตามถนัด ซึ่งด้ายให้ตั้ง จัดเรียงให้เรียบร้อยแล้วเก็บตะกอล เมื่อจัดเรียงเส้นยืนเรียบร้อยใช้น้ำแบ่งข้าวหรือแบ่งมันสำปะหลังพรมหรือชุบผ้าทาให้ทั่ว เสร็จปล่อยให้แห้ง ทาด้วยขี้ผึ้งไม่กี่ขีดสั้ว เพื่อให้ด้ายลื่น แข็งแรง ไม่ขาดง่าย ไม่เป็นขุย **เตรียมเส้นพุ่ง** – ประกอบไปด้วยคันเส้นพุ่ง ใช้โงมดหมี่โบราณที่มีไม้หลัก 2 อัน คันเส้นพุ่งแต่ละลายล้าจะไม่เท่ากัน แต่ละล้ามีด้าย 4 เส้น ทำไฟคันกลางระหว่างล้าไว้ ปกติจะคันประมาณ 2 รอบ พอเสร็จก็มัดหัวล้าตามไฟ **มัดหมี่** มัดตามจุดจากลายที่ออกแบบด้วยเชือกฟาง นำเส้นไหมออกจากโงมย้อมสีตามครึ่งของเฉดที่ต้องการหรือตามมัดหมี่ไว้ แต่ตรงที่มัดหมี่ต้องไม่ติดสี ส่วนการย้อมสีซ้ำต้องย้อมหลังการตากแดดครั้งแรกให้สีแห้งก่อน **การมัดหมี่** เริ่มด้วยการมัดเก็บขาว แบ่งได้ 2 วิธี คือ มัดทุกลายในหัวหมี่เดียวกัน กับ มัดแยกแต่ละลายในหัวหมี่แล้วต่อตอนทอผ้า **กรอเส้นไหมเข้าหลอด** – นำหัวมัดหมี่ที่แกะเชือกใส่ในกงทำการกรอเส้นไหมเข้าอีกเข้าหลอดด้ายด้วยไวดึงให้มีการเรียงลำดับหลอดด้ายตามสีที่ออกแบบไว้ **ทอผ้ามัดหมี่** – การทอไหมเริ่มเมื่อเตรียมฟืมและเส้นพุ่งเรียบร้อย ใช้หลอดด้ายที่ถูกเรียงลำดับจากเฉดสีหรือลายเอาไว้แล้วใส่ในกระสวยสำหรับทอด้วยพุ่งกระสวยผ่านตัวร่องสลักของล้าไหมไปมาเรื่อย ๆ ซ้ายขวาจนสุดเส้นยืน



รูปที่ 4.2 กระบวนการย้อมผ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดหนึ่ง

4.4 ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย ด้วยวิธีการสกัด Soxhlet โดยใช้สารละลายไดคลอโรมีเทน และ เอทิลอะซิเตท กำหนดอุณหภูมิในการสกัดที่ 40 องศา

เซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งกำหนดอัตราส่วนของสารสกัดทั้งสอง คือ 1:1 และ 1:2 เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ และชั่งน้ำหนักสารด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วเก็บใส่ขวดมีผลการสกัดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-7 ตารางแสดงสารสกัดของพืชด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตท

พืช	ตัวทำละลาย ความเข้มข้น	ไดคลอโรมีเทน		เอทิลอะซิเตท	
		ปริมาณสารสกัด(g)	% yield	ปริมาณสารสกัด	% yield
แก่นสน	1:1	0.3800±0.0954	3.1667±0.7949	0.0900±0.0608	0.7500±0.5069
	1:2	0.2700±0.1217	2.2500±1.0138	0.3467±0.2468	2.8889±2.0571
ใบยูคาลิปตัส	1:1	0.2967±0.3156	2.4722±2.6304	0.2033±0.1589	1.6944±1.3238
	1:2	0.6467±0.8690	5.3889±7.2420	0.3133±0.2013	2.6111±1.6777
เปลือกแมค	1:1	0.2133±0.1380	1.7778±1.1497	0.1500±0.0917	1.2500±0.7638
คาเดเมีย	1:2	0.5433±0.5787	4.5278±4.8228	0.2533±0.1963	2.1111±1.6358

จากตารางที่ 4-7 พบว่าสารสกัดของพืชด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 มีปริมาณสารสกัดจากแก่นสนมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3800 ± 0.0954 รองลงมาคือ ใบยูคาลิปตัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.2967 ± 0.3156 และเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.2133 ± 0.1380 ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:2 มีปริมาณสารสกัดจากใบยูคาลิปตัสมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.6467 ± 0.8690 รองลงมาคือเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5433 ± 0.5787 และแก่นสนมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.2700 ± 0.1217 โดยมี % yield ของการสกัดในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 พบว่า สารสกัดจากแก่นสนมีค่าผลผลิตร้อยละมากที่สุดเท่ากับ 3.1667 ± 0.7949 รองลงมาคือใบยูคาลิปตัสมีค่าผลผลิตร้อยละเท่ากับ 2.4722 ± 2.6304 และเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าผลผลิตร้อยละน้อยที่สุดเท่ากับ 1.7778 ± 1.1497 ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:2 สารสกัดจากใบยูคาลิปตัสมีค่าผลผลิตร้อยละมากที่สุดเท่ากับ 5.3889 ± 7.2420 รองลงมาคือเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าผลผลิตร้อยละเท่ากับ 4.5278 ± 4.8228 และแก่นสนมีค่าผลผลิตร้อยละน้อยที่สุดเท่ากับ 2.2500 ± 1.0138

สารสกัดของพืชด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 มีปริมาณสารสกัดจากใบยูคาลิปตัสมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.2033 ± 0.1589 รองลงมาคือ เปลือกแมคคาเดเมีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1500 ± 0.0917 และแก่นสนมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0900 ± 0.0608 ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:2 มีปริมาณสารสกัดจากแก่นสนมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3467 ± 0.2468 รองลงมาคือใบยูคาลิปตัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3133 ± 0.2013 และเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 0.2533 ± 0.1963 โดยมี % yield ของการสกัดในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 พบว่า สารสกัดจากใบยูคาลิปตัสมีค่าผลผลิตร้อยละมากที่สุดเท่ากับ 1.6944 ± 1.3238 รองลงมาคือ เปลือกแมคคาเดเมียมีค่าผลผลิตร้อยละเท่ากับ 1.2500 ± 0.7638 และแก่นสนมีค่าผลผลิตร้อยละน้อยที่สุดเท่ากับ 0.7500 ± 0.5069 ในอัตราส่วนความเข้มข้น 1:2 สารสกัดจากแก่นสนมีค่าผลผลิตร้อยละมากที่สุดเท่ากับ 2.8889 ± 2.0571 รองลงมาคือใบยูคาลิปตัสมีค่าผลผลิตร้อยละเท่ากับ 2.6111 ± 1.6777 และเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าผลผลิตร้อยละน้อยที่สุดเท่ากับ 2.1111 ± 1.6358

4.5 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมียจากตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตทโดยมีอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ความเข้มข้นที่ 100 ppm. และ 200 ppm.

ตาราง 4-8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย

พืช	อัตราส่วน	ไดคลอโรมีเทน				เอทิลอะซิเตท			
		1:1		1:2		1:1		1:2	
		100 ppm.	200 ppm.	100 ppm.	200 ppm.	100 ppm.	200 ppm.	100 ppm.	200 ppm.
แก่นสน		74.07%	74.07%	55.56%	74.04%	40.74%	55.56%	77.78%	22.22%
ใบยูคาลิปตัส		51.85%	33.33%	88.89%	66.67%	66.67%	62.96%	85.19%	18.52%
เปลือกแมคคาเดเมีย		66.67%	88.89%	88.89%	100%	44.44%	55.56%	44.44%	50.00%

จากตารางที่ 4-8 ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย พบว่า แก่นสนที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนมีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท โดยสารสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นที่ 100 ppm. และ 200 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียเท่ากับ 74.07% ในอัตราส่วน 1:2 พบว่า ความเข้มข้น 200 ppm. มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 100 ppm. เท่ากับ 74.04% สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นที่ 200 ppm. มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย ได้ดีกว่า 100 ppm. เท่ากับ 55.56% และในอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 100 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าความเข้มข้น 200 ppm. เท่ากับ 77.78%

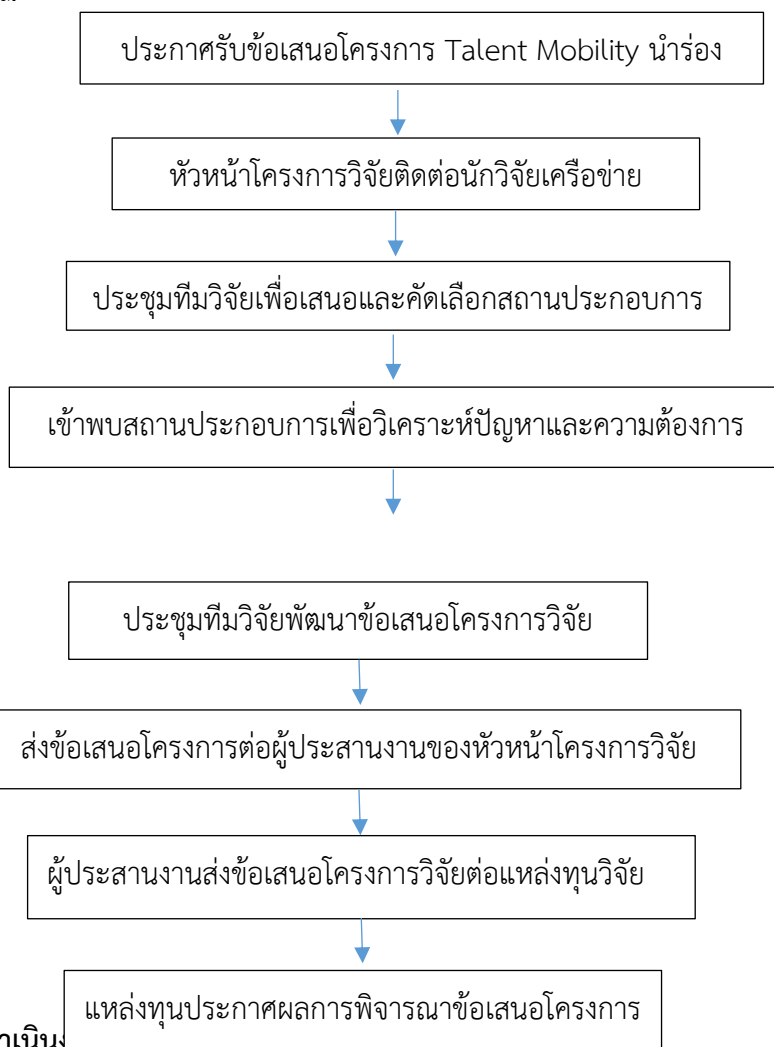
ใบยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท โดยสารสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นที่ 100 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 200 ppm. เท่ากับ 51.85 % ในอัตราส่วน 1:2 พบว่า ความเข้มข้น 100 ppm. มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 200 ppm. เท่ากับ 88.89 % สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นที่ 100 ppm. มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 200 ppm. เท่ากับ 66.67 % และในอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 100 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า ความเข้มข้น 200 ppm. เท่ากับ 81.19%

เปลือกแมคคาเดเมียที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน มีประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท โดยสารสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นที่ 200 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 100 ppm. เท่ากับ 88.89 % ในอัตราส่วน 1:2 พบว่า ความเข้มข้น 200 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 100 ppm. เท่ากับ 100 % สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นที่ 200 ppm. มี

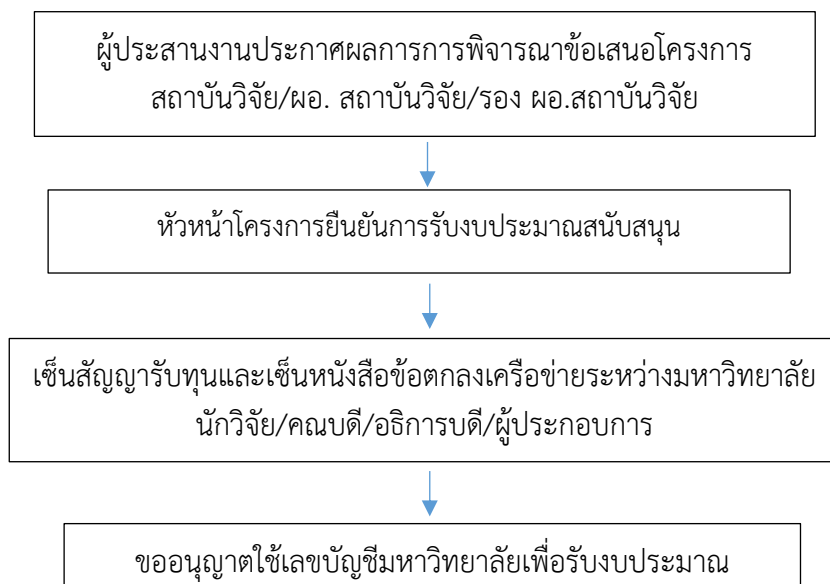
ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 100 ppm. เท่ากับ 55.56% และในอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 200 ppm. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่า 100 ppm. เท่ากับ 50.00%

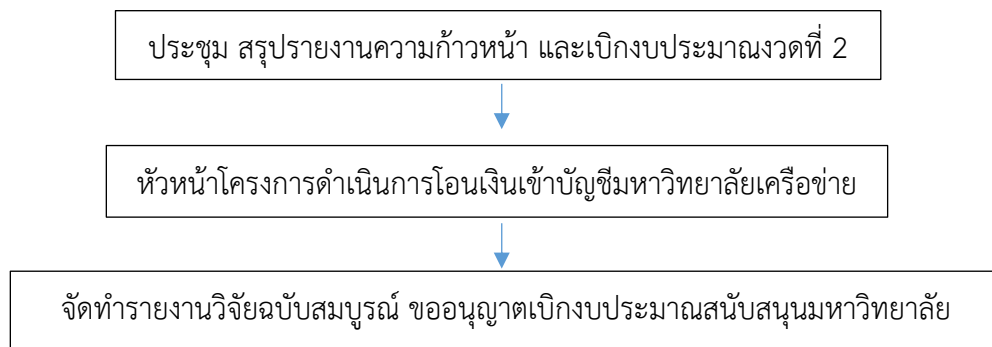
4.2 ถอดบทเรียนระบบและกลไกการปฏิบัติงานในโครงการนำร่อง

4.2.1 การปฏิบัติงานด้านการประสานงาน



4.2.2 การดำเนิน





4.3.3 การบริหารจัดการโครงการฯ ภายใต้สถานการณ์โรคติดเชื้อโควิด-19

การประชุมออนไลน์แทนการลงพื้นที่ และดำเนินงานในส่วนของห้องปฏิบัติการก่อน

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 ข้อสรุปและการอภิปรายผลของงานวิจัย (Conclusion and Discussion)

1. การพัฒนากระบวนการผลิตและมาตรฐานการย้อมสีธรรมชาติ

1.1 การพัฒนาเครื่องย้อมผ้ากึ่งอัตโนมัติ

การประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมผ้าของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยทำการศึกษาค่าความแปรปรวนของค่าสีที่วัดได้ และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ โดยใช้ สถิติ One-Way anova และ T-test มีค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าความสว่างของสี (L^*) ค่าแกนสีจากสีเขียวจนถึงสีแดง (a^*) ค่าแกนสีจากสีน้ำเงินจนถึงสีเหลือง (b^*) และค่าสีที่แตกต่างกัน (ΔE)

1.1.1 1. การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเครื่องย้อมที่เหมาะสมต่อกระบวนการย้อมผ้า คือ เครื่องที่ประกอบด้วยหม้อย้อมที่มีขนาดความกว้าง*ยาว เท่ากับ 70*60 เซนติเมตร มีระบบฝาปิดและเกวียดอุณหภูมิเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย้อม และมีมอเตอร์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานเลือกเป็นมอเตอร์เกียร์ที่มีความเร็วรอบในการหมุน 50 รอบ/นาที มีกำลัง 1/8 HP มีกำลังไฟที่ใช้อยู่ที่ 220 โวลต์ ใช้ไฟ 1 เฟส และมีแขนกลที่มีลักษณะเป็นรูปทรงแบนไม่มีช่องว่างระหว่างแขนกลกับเพลามุมเพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าตกลงไปในช่องลดการผ้าพันเข้ากับแขนกล โดยมีระบบการควบคุมการทำงานด้วยตู้คอนโทรลที่มีระบบรักษาความปลอดภัยครบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

1.1.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติมีการแบ่งการทดสอบเป็น 2 ประเภทได้แก่ การทดสอบการทำงานของเครื่องย้อมผ้าระบบกึ่งอัตโนมัติ และการทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมผ้า โดยการทดสอบการทำงานของประสิทธิภาพของมอเตอร์มีการทำงานสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีการหมุนความเร็วที่เหมาะสมในการย้อมมีค่าอยู่ที่ 10 เมตร/0.36 นาทีและการทดสอบประสิทธิภาพในการย้อมผ้า มีประสิทธิภาพในการย้อมผ้าได้หลากหลายชนิด เช่น ผ้ากัญชง ผ้าฝ้าย หน้าเมตร เป็นต้น และมีความยาวในการย้อมที่เหมาะสมไม่เกิน 20 เมตร ต่อน้ำสี 60 ลิตร และมีจำนวนของผ้าที่เหมาะสมในการย้อมไม่เกิน 2 ผืน ผืนละ 10 เมตร ถ้าต้องการย้อมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นให้ทำการเติมน้ำสีเพิ่ม

1.2 การพัฒนากระบวนการย้อมผ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

1.2.1 การค้นเครื่องเส้นยืน – นำเส้นไหมยืนที่ได้จากการลอกกวไหม ย้อมสับนพื้นเส้นไหม เอาเข้ากรงกรอเส้นไหมเข้าอัก นำเส้นไหมที่ถูกกรอด้วยอักเข้าเส้นฟืมเพื่อค้นเส้นยืนเตรียมทอ

1.2.2 เตรียมฟืมทอผ้า – พอเส้นยืนค้นเครื่องเสร็จก็จัดเรียงเข้าฟืมทอ แต่ละช่องใส่ด้ายประมาณ 2 เส้นหรือตามถนัด ซึ่งด้ายให้ตึง จัดเรียงให้เรียบร้อยแล้วเก็บตะกอ เมื่อจัดเรียงเส้นยืนเรียบร้อยแล้วใช้น้ำแป้งข้าวหรือแป้งมันสำปะหลังพรมหรือชุบผ้าทาให้ทั่ว เสร็จปล่อยให้แห้ง ทาด้วยขี้ผึ้งไม่กี่ไอซ์สตรว์เพื่อให้ด้ายลื่น แข็งแรง ไม่ขาดง่าย ไม่เป็นขุย

1.2.3 เตรียมเส้นพุ่ง – ประกอบไปด้วยค้นเส้นพุ่ง ใช้โองมัดหมี่โบราณที่มีไม้หลัก 2 อัน ค้นเส้นพุ่งแต่ละลายล้าจะไม่เท่ากัน แต่ละล้ามีด้าย 4 เส้น ทำไผ่คั่นกลางระหว่างล้าไว้ ปกติจะค้นประมาณ 2 รอบ พอเสร็จก็มัดหัวล้าตามไฟ

1.2.4 มัดหมี่ มัดตามจุดจากลายที่ออกแบบด้วยเชือกฟาง นำเส้นไหมออกจากโงย้อมสีตามครั้งของเฉดที่ต้องการหรือตามมัดหมี่ไว้ แต่ตรงที่มัดหมี่ต้องไม่ติดสี ส่วนการย้อมสีข้างต้องย้อมหลังการตากแดดครั้งแรกให้สีแห้งก่อน

1.2.5 การมัดหมี่ เริ่มด้วยการมัดเก็บขาว แบ่งได้ 2 วิธี คือ มัดทุกลายในหัวหมี่เดียวกัน กับมัดแยกแต่ละลายในหัวหมี่แล้วต่อตอนทอผ้า

1.2.6 กรอกลี้นไหมเข้าหลอด – นำหัวมัดหมี่ที่เกาะเชือกใส่ในกงทำการกรอเส้นไหมเข้าอีกเข้าหลอดด้วยด้ายไน ต้องมีการเรียงลำดับหลอดด้วยตามสีที่ออกแบบไว้

1.2.7 ทอผ้ามัดหมี่ – การทอไหมเริ่มเมื่อเตรียมฟืมและเส้นพุ่งเรียบร้อยแล้ว ใช้หลอดด้ายที่ผูกเรียงลำดับจากเฉดสีหรือลายเอาไว้แล้วใส่ในกระสวยสำหรับทอด้วยพุ่งกระสวยผ่านตัวร่องสลับของลำไหมไปมาเรื่อย ๆ ซ้ายขวาจนสุดเส้นยืน

2. เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารช่วยย้อมผ้าต้านเชื้อแบคทีเรียจากสารธรรมชาติ

2.1 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจาก แก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย พบว่าสารสกัดของใบยูคาลิปตัสด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน เหมาะสมที่สุดในอัตราส่วน 1:2 โดยสกัดได้ปริมาณสารสกัด 0.6467 ± 0.8690 มี % yield 5.3889 ± 7.2420 รองลงมาคือเปลือกแมคคาเดเมียในอัตราส่วน 1:2 โดยสกัดได้ปริมาณสารสกัด 0.5433 ± 0.5787 มี % yield 4.5278 ± 4.8228 และแก่นสนในอัตราส่วน 1:1 โดยสกัดได้ปริมาณสารสกัด 0.3800 ± 0.0954 มี % yield 3.1667 ± 0.7949 โดยสามารถสรุปได้ว่าพืชทั้ง 3 ชนิดที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนสกัดสารได้มากกว่าตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากแก่นสน ใบยูคาลิปตัส และเปลือกแมคคาเดเมีย พบว่า การยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกแมคคาเดเมียที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 200 ppm. สามารถยับยั้งเชื้อ staphylococcus hominis ได้ 100% รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจาก ใบยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 100 ppm. และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกแมคคาเดเมียที่สกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน ในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้น 200 ppm. และอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 100 ppm. สามารถยับยั้งเชื้อ staphylococcus hominis ได้ 88.89% เท่ากัน และน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ในอัตราส่วน 1:2 ความเข้มข้น 100 ppm. สามารถยับยั้งเชื้อ staphylococcus hominis ได้ 85.19%